



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

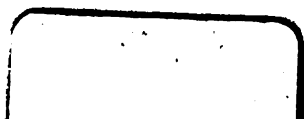
- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



BIOLOGY LIBRARY



LIBRARY USE





Borgert, A.
91

1891

AUS DEM ZOOLOG. INSTITUT DER UNIVERSITÄT KIEL.

(1)

ÜBER DIE DICTYOCHIDEN
INSBESONDERE ÜBER
DISTEPHANUS SPECULUM
SOWIE
STUDIEN AN PHAEODARIEN.

INAUGURAL-DISSERTATION
ZUR
ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE
DER
PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT
AN DER
CHRISTIAN-ALBRECHTS-UNIVERSITÄT ZU KIEL
VORGELEGT VON
ADOLF BORGERT
STUD. RER. NAT.
AUS HAMBURG.

MIT EINER LITHOGRAPHISCHEN TAFEL UND ZWEI HOLZSCHNITTEN.

LEIPZIG
WILHELM ENGELMANN
1891.

(Separat-Abdruck aus: Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. Bd. LL.)

Vorliegende Arbeit wurde in der Zeit vom Winter-Semester 1888/89 bis zum Winter-Semester 1889/90 im Zoologischen Institut der Universität Kiel angefertigt.

Möge es mir gestattet sein, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. K. BRANDT, an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank auszusprechen für die außerordentliche Liebenswürdigkeit, mit welcher er mir nicht nur aus seinen Privatsammlungen reichliches Material zur Verfügung stellte, sondern auch bei Gelegenheit der Kommissionsfahrten mich durch Überlassung frischen Materials unterstützte; sowie auch endlich für das lebhafte Interesse, das er meinen Untersuchungen entgegenbrachte und die reiche Anregung, die ich von ihm empfangen habe.



I. Die Dictyochiden¹.

A. Historische Übersicht.

Trotz der ausgedehnten Verbreitung mancher ihrer Arten, wurden die Dictyochiden doch verhältnismäßig erst spät entdeckt.

Im Jahre 1838 beschrieb EHRENBURG in seiner Abhandlung »Über die Bildung der Kreidefelsen und des Kreidemergels durch unsichtbare Organismen«² die ersten Kieselgehäuse derartiger kleiner Thiere, die er fossil in den Kreidemergeln Siciliens gefunden hatte.

In der genannten Arbeit begründet EHRENBURG die Gattung *Dictyocha* mit den sechs Arten *Dictyocha fibula*, *Dict. navicula*, *Dict. polyactis*, *Dict. speculum*, *Dict. stella* und *Dictyocha triangula*; doch stellte er dieselbe nicht, wie es später JOH. MÜLLER that, zu seinen Polycystinen, sondern mit den Bacillarien (Diatomeen) zusammen zu den Polygastrica³.

Die neue Gattung charakterisirt er wie folgt⁴: *Dictyocha*, »E familia Bacillarium? Lorica simplex univalvis silicea, laxa reticulata aut

¹ Unter der Bezeichnung Dictyochida werde ich wie HAECKEL die vier Gattungen *Mesocena*, *Dictyocha*, *Distephanus* und *Cannopilus* zusammenfassen; diesen Namen jedoch in anderem Sinne anwenden, und zwar für jene kleinen Organismen, deren Kieselgehäuse HAECKEL, wie ich weiter unten zeigen werde, irrthümlich als die Skeletttheile von vier verschiedenen Phaeodarien-Gattungen ansah.

² Abhandlungen der königl. preuß. Akademie der Wissenschaften zu Berlin aus dem Jahre 1838.

³ An dieser Stelle sieht EHRENBURG allerdings die Polycystinen noch als Familie der Polygastrica an, trennt sie jedoch später von diesen ab, und stellt sie als besondere Klasse auf.

⁴ Abhandlungen d. Berliner Akademie. 1838. p. 129.

stellata. Arthrodismo et Xanthidio habitu solum affines formae paradoxae forsan Spongiarum ossicula figurata sunt. «

Im folgenden Jahre (1839) erschien in den Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften zu Berlin eine andere Mittheilung EHRENBURG'S »Über noch jetzt lebende Thierarten der Kreidebildung und den Organismus der Polythalamien«, in welcher er die ersten lebend beobachteten Exemplare verschiedener *Dictyocha*-Arten, die er bis dahin nur fossil gefunden hatte, beschreibt, und zugleich auch die erste Abbildung einer, mit ihrem Weichkörper erfüllten *Dictyocha speculum* giebt.

Die Untersuchung zahlreicher halbiolithischer Gesteine von den verschiedensten Punkten der Erde, deren Ergebnis EHRENBURG in seiner, 1854 erschienenen, umfangreichen Mikrogeologie¹ niedergelegt hat, ließ die Zahl der *Dictyocha*-Arten beträchtlich steigen, so dass EHRENBURG in diesem Werke bereits 29 fossile Species der genannten Gattung unterscheiden konnte (von denen einzelne Arten auch heute noch lebend gefunden werden). Besonders wichtig ist die Mikrogeologie außerdem wegen der in ihr gegebenen Abbildungen der beobachteten Arten.

Die Resultate der Untersuchung einer großen Zahl von Meeres-Grundproben, der sich EHRENBURG bis in sein spätestes Lebensalter mit unermüdlichem Eifer widmete, und zu der ihm von allen Seiten reichliches Material zufloss, brachten die Zahl der *Dictyocha*-Species im Ganzen auf 50.

Mehrere dieser Arten sind jedoch nur Varietäten oder Abnormitäten, wie sie sich zahlreich neben den regulären Formen finden, die mit besonderen Namen belegt worden sind. Von sechs Species² führt EHRENBURG nur die Namen an, ohne eine Diagnose oder Abbildung derselben zu geben. Eine Art (*Dictyocha splendens*) ist nach HAECKEL'S Angabe sogar der gefensterter Kalkkörper einer Holothurie. Noch andere Arten müssen von der Gattung *Dictyocha* abgetrennt, und in besonderen Genera (*Distephanus* und *Cannopilus*) vereinigt werden, so dass von EHRENBURG'S 50 *Dictyocha*-Species nur acht *Dictyocha*-Arten im engeren Sinne übrig bleiben.

Die Zugehörigkeit der Dictyochiden zu den Radiolarien wurde zuerst von JOH. MÜLLER ausgesprochen. In einem im Jahre 1855 vor der Berliner Akademie der Wissenschaften gehaltenen Vortrage »Über

¹ C. G. EHRENBURG, Mikrogeologie. Das Erden und Felsen schaffende Wirken des unsichtbar kleinen, selbständigen Lebens auf der Erde. Leipzig 1854.

EHRENBURG giebt in diesem Werke die Analysen von nicht weniger als 836 verschiedenen Erd- und Gebirgsarten »vom Südpol, von Australien, Asien, Afrika, Süd- und Centro-Amerika bis Mexiko«.

² Es sind dies folgende Arten: *Dictyocha borealis*, *Dict. cenostephania*, *Dict. compos*, *Dict. coronata*, *Dict. socialis*, *Dict. specillum*.

die im Hafen von Messina beobachteten Polycystinen¹ thut er einer lebend beobachteten sechsstrahligen *Dictyocha* (höchst wahrscheinlich *Dictyocha speculum*) Erwähnung. Da er bei diesem Thier jedoch den Weichkörper nicht, wie es bei den Polycystinen sonst der Fall ist, »in weiche Strahlen verlängert« fand, so äußerte sich MÜLLER damals nicht eingehender über die Beziehungen dieser Form zu den Polycystinen. Auch HAECKEL ordnete die Gattung *Dictyocha* in seiner Monographie der Radiolarien aus dem Jahre 1862 mit einiger Reserve seinem Radiolariensystem ein. Doch machte sowohl der Bau des Weichkörpers, den er bei seiner in Messina entdeckten *Dictyocha messanensis*, ganz ähnlich wie bei anderen Radiolarien, aus einer »weichen kugeligen Kapsel, von einer Gallerthülle umschlossen« bestehend fand, als auch »die Form des Kieselgehäuses« die Zugehörigkeit dieses Genus zu den Radiolarien höchst wahrscheinlich.

HAECKEL stellte daher die Gattung *Dictyocha* zu der zweiten Familie seiner Radiolaria Monozoa, zu den Acanthodesmiden, zusammen mit den Genera *Lithocircus*, *Plagiacantha*, *Acanthodesmia*, *Prismatium* und *Zygostephanus*.

Von diesen gehört zu den Dictyochiden heute nur noch die Gattung *Dictyocha* selbst, mit 12 Arten.

Damals hatte HAECKEL, wie ich schon an dieser Stelle bemerken will, die »kleine kugelige Kapsel« im Inneren des Skelettes von *Dictyocha messanensis*, »welche der Centralkapsel von *Prismatium* glich, und farblos, durchsichtig, mit kleinen Bläschen erfüllt und von einem Gallertmantel umschlossen erschien«, richtig als den Weichkörper dieser *Dictyocha*-Art erkannt.

Bis zum Jahre 1879 stand nun auch bei allen Radiolarien-Forschern die Ansicht fest, dass die *Dictyochen* selbständige kleine Radiolarien seien; da beschrieb RICHARD HERTWIG² eine Radiolarienart, die er wegen des Baues ihrer Centralkapsel zu seinen Tripyleen stellte, und in deren Gallerthülle er die von EHRENBURG zuerst als *Dictyocha fibula* beschriebenen hütchenförmigen Kieselpanzer in großer Zahl eingebettet fand.

Diese Erscheinung deutete er so, dass EHRENBURG nur die isolirten Skeletttheile dieser tripyleen Radiolarienspecies gefunden und beschrieben habe, deren vollständiges Skelett aus einzelnen, locker über die Oberfläche des Calymma zerstreuten Kieselstücken bestanden habe.

¹ Monatsber. der königl. preuß. Akademie der Wissensch. zu Berlin. 1855. p. 676. Damals wurde noch die EHRENBURG'sche Bezeichnung angewandt; der Name Radiolaria wurde erst im Jahre 1858 durch JOHANNES MÜLLER in die Zoologie eingeführt.

² RICHARD HERTWIG, Der Organismus der Radiolarien. Jena 1879.

HERTWIG belegt daher diese, von ihm zuerst beobachtete Triplyleenart mit dem Namen *Dictyocha fibula* und beschreibt sie wie folgt¹: »Zahlreiche Kieselstücke liegen in den oberflächlichen Gallertschichten dicht neben einander, so dass das Ansehen einer Gitterkugel entsteht; ein Zusammenhang war jedoch zwischen ihnen nicht nachweisbar, vielmehr wurde der Zusammenhalt nur durch die Berührung der vier an den Ecken befindlichen Stacheln bedingt.«

In Folge dieser Beobachtung stellt HERTWIG die *Dictyochen* zu seinen Triplyleen, und reiht sie an die *Aulacanthen* an, indem bei diesen ebenfalls das Skelett aus isolirten Kieselstücken besteht.²

Nach seiner Auffassung ist es demnach auch gerechtfertigt, wenn er in Bezug auf HAECKEL's Radiolarienmonographie aus dem Jahre 1862 sagt: »Nach EHRENBURG hat HAECKEL die Einzelstücke von *Dictyochen*-Skeletten wieder beobachtet und für selbständige Radiolarienpanzer gehalten.«

In seinem Challenger-Report² tritt HAECKEL dagegen der Ansicht HERTWIG's bei. Zu dieser Änderung seiner Anschauung bestimmte HAECKEL der Umstand, dass auch er, eben so wie HERTWIG, in dem Calymma von Phaeodarien-Arten (HERTWIG's Triplyleen) die kleinen, von EHRENBURG als *Dictyochen* beschriebenen Kieselpanzer fand.

Dementsprechend stellte HAECKEL jetzt die Dictyochiden, zu denen er die vier Gattungen *Mesocena*³, *Dictyocha*, *Distephanus* und *Cannopilus* rechnet, zu seinen Phaeodarien, und zwar als dritte Subfamilie der Cannorrhaphiden, bei denen das Skelett aus einzelnen isolirten Ringen, Tangentialröhren oder Gitterstücken besteht.

So sind die Dictyochiden eine schon allein durch ihre Geschichte bemerkenswerthe und interessante Thiergruppe geworden, über deren Natur in den 50 Jahren seit ihrer Entdeckung durch EHRENBURG recht verschiedene Ansichten geherrscht haben, und deren Zugehörigkeit zu den Radiolarien überhaupt noch eine mehr als zweifelhafte ist; doch davon später. — An dieser Stelle sei nur noch gleich bemerkt, dass die Kieselgebilde bei HERTWIG's *Dictyocha fibula*, eben so wie bei HAECKEL's Dictyochiden, nicht Skelett-Ausscheidungen dieser Arten, sondern in der That, wie schon EHRENBURG ganz richtig erkannt hatte, die Gehäuse selbständiger kleiner Individuen sind, die nur durch Aufnahme von

¹ Ebendasselbst p. 89.

² HAECKEL, Report on the Radiolaria collected by H. M. S. Challenger during the years 1873—1876. Zoology. XVIII. 2. 1887. p. 4557.

³ Diese Gattung wurde zuerst von BÜTSCHLI (1884) zu den Phaeodarien gestellt. cf. O. BÜTSCHLI, Beiträge zur Kenntnis der Radiarienskelette, insbesondere der der Cyrtida. Zeitschr. f. w. Zool. Bd. XXXVI. p. 495.

außen in das Calymma skelettloser Phaeodarien-Arten (aus der Familie der Phaeodinida) gelangt sein können, die ihrerseits vielleicht nur als die Jugendformen älterer, skelettführender Formen aufzufassen sind.

Um weiter unten, an der Hand genauerer Kenntnisse über den Weichkörper dieser kleinen Organismen, die Unhaltbarkeit der HERTWIG-HAECKEL'schen Ansicht nachweisen zu können, lasse ich zunächst einige Untersuchungen über die einzige hier bei Kiel vorkommende Dictyochiden-Art *Distephanus (Dictyocha) speculum* Ehrb. sp. folgen.

B. Untersuchungen über den Bau von *Distephanus speculum*.

(Hierzu Fig. 4—12.)

Vorbemerkungen.

Während die an die Ostsee angrenzenden Theile der Nordsee schon eine größere Anzahl von Radiolarien-Arten aufweisen, ist ersteres Meer sehr arm an diesen Thierformen; ja, es scheinen in demselben Vertreter dieser Gruppe sogar vollständig zu fehlen, da die Dictyochiden, die offenbar allein in Betracht kommen könnten, wie ich bereits andeutungsweise hervorhob, nicht zu den Radiolarien zu rechnen sind.

Nach dem »Bericht der Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere«¹ finden sich in der Ostsee drei *Dictyocha*-Arten.

Es sind dies die beiden Dictyochiden-Species *Dictyocha fibula* und *Distephanus (Dictyocha) speculum*, sowie eine von MÖBIUS² unter dem Namen *Dictyocha fornix* beschriebene Form.

Von den genannten drei Arten beobachtete ich bei Kiel nur die beiden letzteren. *Dictyocha fibula*, die MÖBIUS ebenfalls unter den Rhizopoden der Kieler Bucht aufführt³, habe ich trotz eifrigsten Suchens daselbst nie gefunden.

Da die Dictyochiden einerseits sehr kleine Organismen, andererseits außerordentlich empfindlich gegen äußere Einflüsse sind, so stellen

¹ Fünfter Bericht der Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere in Kiel. Berlin 1887.

² MÖBIUS, Systematische Darstellung der Thiere des Plankton. V. Kommissionsbericht p. 122. Taf. VIII, Fig. 53—59. Die von MÖBIUS zuerst beschriebene, und als *Dictyocha fornix* bezeichnete Art dürfte wohl weder zu der Gattung *Dictyocha*, noch überhaupt zu den Dictyochiden zu rechnen sein. Einerseits besteht nämlich das Skelett dieser Art aus soliden Kieselbalken, andererseits ist es nach einem ganz anderen Grundplan gebaut, als die von einem kontinuierlichen Hohlraum durchzogenen Dictyochiden-Gehäuse. Auch der Weichkörper lässt, wie ich weiter unten zeigen werde, in seiner Struktur abweichende Verhältnisse erkennen.

³ MÖBIUS, Bruchstücke einer Rhizopodenfauna der Kieler Bucht. Abhandl. d. königl. Akademie d. Wissensch. zu Berlin vom Jahre 1888. Berlin 1889. p. 6 u. 7.

sich dem Fange, sowie der Untersuchung derselben mancherlei Schwierigkeiten entgegen.

Wegen der geringen Größe dieser Thiere muss man sich zu ihrem Fange sehr feinmaschiger Netze bedienen. Da aber das Wasser durch diese nur äußerst langsam hindurchströmt, so werden die in denselben gefangenen Organismen, selbst bei langsamer Fahrt des Bootes, durch den Wasserstrom schon heftig gegen die Wandungen des Netzes gedrückt.

Diese mechanische Einwirkung genügt, um den zarten Weichkörper von *Distephanus speculum*, der nur durch sechs kleine Zähnnchen gestützt wird, aus dem Hohlraum des Skelettes herauszusputzen oder doch wenigstens zu beschädigen.

Hierdurch erklärt sich auch die Erscheinung, dass man in den mit dem engmaschigen Oberflächennetz gemachten Fängen meist nur leere Skelette der genannten Art, oder doch nur solche Exemplare findet, deren Inhalt mehr oder weniger stark verletzt ist. Ebenfalls ist in diesem Umstand wohl der Grund dafür zu suchen, dass lebende Dictyochiden so selten zur Beobachtung gelangten; wie ja auch HAECKEL während seines Aufenthaltes in Messina niemals das Glück hatte, seine *Dictyocha messanensis* lebend zu beobachten.

Bewegungserscheinungen wurden bisher nur bei *Distephanus speculum*, und zwar von EHRENBURG und MÖBIUS, konstatiert.

Da die Anwendung des Oberflächennetzes aus feiner Gaze kein geeignetes Untersuchungsmaterial lieferte, so war Herr Prof. BRANDT so gütig, mir bei Gelegenheit der Kommissionsfahrten von dem, mittels des HENSEN'schen Planktonnetzes¹ gefischten Material zur Verfügung zu stellen.

Die Konstruktion dieses Apparates begünstigt den Fang lebender — selbst sehr empfindlicher — Organismen in hohem Grade, indem beim Aufwinden des Netzes dieselben sich in dem Bleicheimer ansammeln und zugleich mit dem in diesem zurückbleibenden Wasser ausgeleert werden können.

Die von mir lebend beobachteten Exemplare von *Distephanus speculum* fand ich ausschließlich in solchen Planktonfängen.

Eben so empfindlich wie gegen mechanische Einflüsse sind die Dictyochiden gegen chemische Reize, wie z. B. Fäulnis oder Verunreinigung des Wassers.

Will man daher lebende Individuen mit nach Hause bringen, so

¹ HENSEN, Über die Bestimmung des Planktons oder des im Meere treibenden Materials an Pflanzen und Thieren. V. Kommissionsbericht. p. 6 ff. Taf. I, Fig. 4 und 6.

hat man hauptsächlich darauf zu achten, dass die gefischten Thiere in einem möglichst großen Wasserquantum mitgenommen werden, und somit nicht zu viele lebende oder gar todte Organismen in demselben vorhanden sind. Auch vor zu starker Erwärmung muss man das Material zu schützen suchen.

Zu den Zeiten, wo Copepoden oder Ceratien in ungeheurer Zahl in der Ostsee vorkommen, und der Fang für die Untersuchung lebender Exemplare von *Distephanus speculum* bereits in einem Tage unbrauchbar wird, da namentlich die kleinen Crustaceen, wenn sie zahlreich in einem Gefäße vorhanden sind, sehr leicht absterben und durch schnell eintretende Fäulnis das Wasser verderben, empfiehlt es sich, das gefangene Material durch feine Gaze zu filtriren, welche die größeren Thiere, wie Copepoden, Wurmlarven, einen großen Theil der Ceratien etc. zurückhält, den äußerst kleinen Dictyochiden jedoch den Durchtritt gestattet.

Bei der außerordentlich geringen Resistenzfähigkeit dieser Organismen gegen mechanische Einflüsse ist die Durchlüftungsmethode zum Zwecke der Frischerhaltung des Wassers nicht anwendbar, weil durch die damit verbundenen beständigen Erschütterungen die zarten Thiere unfehlbar zu Grunde gehen.

Auch die Erneuerung des Wassers, die bei größeren Thieren mit Erfolg angewandt wird, ist wegen der geringen Größe des Untersuchungsobjektes nicht durchführbar.

Man ist somit nicht im Stande, die kleinen Dictyochiden einige Zeit am Leben zu erhalten, und daher darauf angewiesen, für die Untersuchung lebender Exemplare sich stets mit frisch gefangenen Material zu versehen.

Das Auffinden der kleinen Organismen ist ebenfalls, wenn dieselben nicht sehr zahlreich vorhanden sind, mit einigen Schwierigkeiten verknüpft, da die lebenden Thierchen im Wasser suspendirt sind und man dasselbe tropfenweis unter dem Mikroskop untersuchen muss. Diese Art der Untersuchung nimmt einerseits außerordentlich viel Zeit in Anspruch, andererseits führte dieselbe oft zu keinem Resultat, indem zu Zeiten trotz zweitägiger Untersuchung nicht ein einziges Exemplar von *Distephanus speculum* in den Planktonfängen gefunden wurde, und an den folgenden Tagen lebende Individuen dieser Art nicht mehr zu erwarten waren.

Selbst die Anwendung des BREYER'schen Mikromembranfilters lieferte nicht das gewünschte Resultat, da die kleinen Thierchen mittels ihrer spitzen Kieselstacheln an den filtrirenden Flächen hängen blieben.

Um reichlicheres Untersuchungsmaterial zu erlangen, bediente ich

mich daher einer anderen Methode, die zwar keine lebenden, doch immerhin zum Studium des Weichkörpers geeignete Exemplare in größerer Zahl lieferte.

Der Planktonfang wurde in zwei Hälften getheilt, von denen die eine zur frischen Untersuchung verwendet wurde. Die andere Hälfte des Fanges wurde durch feine Müllergaze filtrirt, die ihn von größeren Thieren befreite. Zu dem Filtrat wurde Sublimat oder Pikrinschwefelsäure hinzugefügt, durch welche die kleinen in demselben enthaltenen Organismen abgetödtet und ausgefällt wurden. Die feine Masse, die sich nach einiger Zeit auf dem Boden des Gefäßes ansammelte, wurde meist in toto, theils mit Hämatoxylin, theils mit alkoholischem Karmin gefärbt.

Da bei dieser Art der Fixirung selbst die Cilien der *Tintinnen* in bester Weise erhalten blieben, glaube ich annehmen zu dürfen, dass dieselbe auch für die anderen kleinen Organismen eine ausreichende war.

Um bei der Untersuchung des Weichkörpers den störenden Einfluss des Skelettes zu beseitigen, thut man gut, als Einschlussmittel Glycerin zu wählen. Man kann, wenn man dasselbe in geeigneter Weise verdünnt, das Kieselgehäuse vollständig zum Verschwinden bringen.

Die Häufigkeit, mit welcher *Distephanus speculum* während der verschiedenen Jahreszeiten in der Kieler Bucht auftritt, variirt sehr bedeutend. Am wenigsten zahlreich kommt diese Art daselbst in den Monaten Mai, Juni und Juli vor; im August findet sie sich schon in größerer Zahl, vermehrt sich sehr stark und erreicht in einem der letzten Monate des Jahres, scheinbar im November, ihr Maximum.

Es ist daher auch wohl nicht allein dem Zufall zuzuschreiben, und deutet ebenfalls auf das vermehrte Vorkommen der in Rede stehenden Dictyochiden-Species in der Ostsee während dieser Zeit hin, dass EHRENBURG¹ 1839 im September, und MÖBIUS² im Jahre 1870 im November *Distephanus speculum* bei Kiel lebend beobachteten.

Nach EHRENBURG's³ Angaben gehört auch *Distephanus speculum* zu den Organismen, die zum Leuchten des Meeres beitragen.

¹ EHRENBURG, Über noch jetzt lebende Thierarten der Kreidebildung und den Organismus der Polythalamien. Abhandl. der Berliner Akademie. 1839. p. 450. Taf. IV, Fig. 4.

² MÖBIUS, Thiere des Plankton. V. Kommissionsber. p. 422. Taf. VIII, Fig. 48 bis 50.

³ Abhandlungen der Berliner Akademie. 1839. p. 97.

1. Beschreibung der in der Ostsee bei Kiel beobachteten Skelettformen von *Distephanus speculum*.

Das Skelett von *Distephanus speculum* besteht aus zwei ungleich großen Kieselringen (Basal- und Apicalring), die in parallelen Ebenen liegen und von denen der kleinere, der Apicalring, durchschnittlich etwa halb so groß ist als der Basalring. Beide Ringe sind an ihrem äußeren Rande regulär sechsseitig. Der Basalring ist an seinen sechs Ecken in radiäre Stacheln verlängert, die mit dem Ringe in derselben Ebene liegen und meist nur um ein Geringes länger oder kürzer sind, als der Radius desselben. Die Ecken des Apicalringes stehen durch sechs gleich lange Kieselbalken, die entweder gerade oder schwach gewölbt sind, mit den Mitten der Basalringseiten in Verbindung. Diese Kieselbalken sind stets kürzer, meist ungefähr nur halb so lang, als die Seiten des Basalringes, und bilden in Gemeinschaft mit diesen und den Seiten des Apicalringes die sechs Randmaschen, deren jede fünfseitig ist.

Der Basalring trägt außer den erwähnten Radialstacheln noch sechs andere kleine, dornenartige Stacheln, die centripetal abwärts gerichtet sind, und in gleichen Abständen von einander neben je einem der Radialstacheln entspringen.

Bei der Ansicht des Skelettes von der Apicalseite erscheinen daher diese sechs kleinen Zähnchen im Lumen der Randmaschen; und zwar hat jede der drei, durch die Radialstacheln angedeuteten Achsen, wenn man das Gehäuse orientirt, wie in Fig. 4—5 angedeutet, bei dem oberen Radialstachel den kleinen centripetalen Dorn an der linken, bei dem nach unten gerichteten denselben an der rechten Seite. Bei der Betrachtung des Skelettes von der basalen Seite ist die Lage der Zähnchen natürlich eine entgegengesetzte (rechts vom oberen, links vom unteren Radialstachel).

Auch der Apicalring trägt oft einzelne, divergent nach oben gerichtete kleine Stacheln, deren Zahl zwischen 0 und 3 variiert. Wo dieselben vorkommen, stehen sie auf den Mitten von Seiten des Apicalringes.

Das ganze Skelett wird von einem kontinuierlichen Hohlraum durchzogen (Fig. 6).

Dies der typische Bau des Skelettes von *Distephanus speculum*, von welchem mancherlei Abweichungen vorkommen.

Außer der beschriebenen regelmäßigen sechsstrahligen Form dieser Art, beobachtete ich ein besonders großes Exemplar, das einen regulären siebenstrahligen Bau zeigte (*Dictyocha ornamentum* Ehrbg.), im Übrigen jedoch mit der gegebenen Beschreibung übereinstimmte (Fig. 6).

Sehr oft findet man auch Skelette von *Distephanus speculum*, bei denen zwei einander gegenüberliegende Radialstacheln stark verlängert (Fig. 3) oder die beiden anderen Stachelpaare verkürzt sind.

In anderen Fällen kann die Verkürzung bei allen sechs Radialstacheln auftreten (Fig. 2). Noch andere Abweichungen, die jedoch schon mehr in das Gebiet der Missbildungen fallen, aber den regulären Bau des centralen, eigentlichen Skelettkörpers nicht stören, zeigen Skelettformen, wie sie in Fig. 4 und 5 abgebildet sind. Im ersteren Falle ist nur einer der Radialstacheln doppelt entwickelt; im letzteren Falle erstreckt sich die Duplicität auf zwei derselben.

Es würde zu weit führen, wollte ich alle Missbildungen aufzählen, die ich Gelegenheit hatte zu beobachten, und die theils in der Ausbildung neuer Kieselbalken innerhalb der Apical- und Randmaschen, theils in dem Fehlen oder in unregelmäßigen Krümmungen einzelner Skeletttheile bestanden.

Eine größere Zahl in der Nordsee gefischter Exemplare von *Distephanus speculum*, die ich der Liebenswürdigkeit meines Freundes Dr. APSTEIN verdanke, zeigte denselben Skelettbau wie die Ostseeform und unterschied sich von dieser nur durch die um ein Weniges bedeutendere Größe ihres Gehäuses; denn, während der Durchmesser des Basalringes bei den in der Kieler Bucht gefangenen Exemplaren dieser Art nur wenig über 0,02 mm (durchschnittlich 0,023 mm) betrug, blieb derselbe bei der Nordseeform selten unter 0,025 mm. Außerdem fehlten bei sämtlichen von mir untersuchten Gehäusen die Stacheln am Apicalring.

Eine sehr merkwürdige Erscheinung, die außer bei der Gattung *Distephanus* auch bei mehreren Arten des Genus *Dictyocha* beobachtet wurde, besteht in dem Vorkommen der von HAECKEL als »twin-pieces«, Zwillingsstücke, bezeichneten Kieselkörper, für welche ich, da man bei dieser Benennung an eine gleichzeitige Entstehung ihrer Hälften denken könnte, die Bezeichnung Doppelgehäuse in Vorschlag bringe.

Diese eigenartigen Gebilde bestehen nämlich aus zwei, mit ihren Basalringen zusammenliegenden Individuen derselben Art, die sich in der Weise an einander gelagert haben, dass je ein Radialstachel des einen, mit je einem des anderen Individuums zusammen zu liegen kommt. Hierdurch entsteht ein kugeliges Kieselgebilde (Fig. 8), wie es STÖHR¹ zu der Begründung seiner Gattung *Distephanus* verleitet hat.

Der Zusammenhalt zwischen den beiden Hälften eines solchen Doppelgehäuses ist oft ein recht fester, jedoch keineswegs, wie HAECKEL²

¹ STÖHR, Die Radiolarienfauna der Tripoli von Grotte, Provinz Girgenti in Sicilien. Palaeontographica 1880. Bd. XXVI. 4. Lfg. p. 424. Taf. VII, Fig. 9.

² HAECKEL, Challenger-Report. p. 4549.

annimmt, die Folge eines Ineinandergreifens der kleinen Zähnchen der Basalringe. Dies ist undenkbar, da bei *Distephanus speculum* — wie sich aus der Beschreibung des Einzelskelettes dieser Art ergibt — niemals ein Zähnchen des einen Individuums mit einem solchen des anderen zusammenliegen kann.

Die kleinen Zähnchen haben daher wahrscheinlich auch nur die Funktion, bei dem Einzelthier den Weichkörper desselben im Innenraum des Skelettes zu erhalten, und spielen bei der Bildung der Doppelgehäuse keine Rolle, indem sie frei in den Hohlraum hineinragen.

Wodurch jedoch ein so fester Zusammenhalt zwischen den Hälften eines solchen Gehäuses bewirkt wird, dass selbst leere derartige Kieselgebilde im Zusammenhang mit einander bleiben, ist mir nicht erklärlich.

Man könnte vielleicht den Einwand erheben, dass das Skelett von *Distephanus speculum* normalerweise aus einer zweiklappigen Schale (einem Doppelgehäuse) bestehe, und dass die mit einem einfachen Panzer versehenen Exemplare dieser Art nur verletzte Individuen seien; doch wird diese Auffassung durch mancherlei Gründe widerlegt, die ich weiter unten, bei der Beschreibung des Weichkörpers, geltend machen werde.

Es ist wohl kaum nöthig, einem anderen Einwande zu begegnen, dass nämlich das Zustandekommen der Doppelgehäuse auf Zufall zurückzuführen sei. Gegen diese Ansicht spricht sowohl das zahlreiche Vorkommen, als auch der stets gleiche, außerordentlich regelmäßige Bau dieser Gebilde.

2. Über die Variabilität des Skelettes von *Distephanus speculum* und die Beziehungen dieser Art zu anderen.

Wie bereits oben erwähnt, gehört gerade *Distephanus speculum* zu den sechs ersten, fossil in den Kreidemergeln von Caltanisetta auf Sicilien gefundenen Dictyochiden-Arten, mit denen im Jahre 1838 die Gattung *Dictyocha* durch EHRENBURG begründet wurde.

Die Beschreibung, die er von der genannten Art giebt¹, lautet folgendermaßen: »*Dictyocha speculum*, cellulis senis, calathi formam, spinulis inaequalibus senis radiatam referentibus. Primo intuitu speculi antiqui formam addiceres.«

Bereits im Jahre darauf, am 15. September 1839 war EHRENBURG so glücklich *Distephanus speculum* zum ersten Male, und zwar gerade bei Kiel, lebend zu beobachten.

Diese Entdeckung erfüllte ihn mit so großer Freude, dass er der-

¹ cf. Anm. 4 p. 5.

selben in seiner Mittheilung »Über noch jetzt lebende Thierarten der Kreidebildung« in folgenden begeisterten Worten Ausdruck verlieh:¹ »All das herrliche Licht des Meeres waren wieder offenbar Infusorien und mitten unter ihren zahlreichen Formen, worunter mehrere noch nie gesehene waren, erkannte ich denn plötzlich einen andersartigen Lichtpunkt, der, obwohl an sich klein und dunkel, mich freudiger noch erregte, als das wirkliche Licht. Es war, was ich suchte und zu finden kaum mehr hoffte. Es war eins der ausgezeichnetsten jener Kiesel-schalenthierchen, welche ich aus den Kreidemergeln von Sicilien kannte. Es war die wirklich noch lebende *Dictyocha speculum*, gerade die wunderlichste aller Kieselschalen aus den von FRIEDR. HOFFMANN ausdrücklich bestätigten weißen Mergeln der Kreide von Caltanissetta. Es war das erste lebend beobachtete scharf eigenthümliche Thier der Kreideformation und eine Species eines bisher als rein urweltlich angesehenen Genus.«

Während nun die große Variabilität im Skelettbau bei *Distephanus speculum*, auf die ich schon im vorigen Abschnitt hinwies, dazu zwingt, eine Anzahl von Formen, die in kleinen Einzelheiten von einander verschieden sind, jedoch einen ganz bestimmten, gemeinsamen Grundtypus im Bau ihres Kieselpanzers erkennen lassen, unter dieser einen Art zusammenzufassen, giebt EHRENBURG jeder Varietät einen besonderen Speciesnamen. So müssen z. B. die beiden, im Jahre 1844² zuerst beschriebenen *Dictyocha*-Arten, *Dict. ubera* und *Dict. biternaria*, sowie außer diesen noch sieben andere Formen, deren Abbildungen sich in der Mikrogeologie finden, theils als Varietäten, theils als Abnormitäten von *Distephanus speculum* unter dem Namen dieser Species vereinigt werden.

Es sind dies die Arten: *Dictyocha aculeata*, *Dict. binoculus*, *Dict. diommata*, *Dict. haliomma*, *Dict. hexathyra*, *Dict. ornamentum* und *Dict. septenaria*³.

Der nahe Zusammenhang, in welchem die genannten Species zu *Distephanus speculum* stehen, zeigt sich auch äußerlich in der Erschei-

¹ cf. Anm. 3 p. 42.

² Monatsber. der Berliner Akademie. p. 80 u. 204.

³ Die Diagnosen der genannten sieben Arten giebt EHRENBURG in den Abhandlungen und Monatsberichten der Berliner Akademie, und zwar

für *Dictyocha aculeata*. Abhandl. 1839. p. 448 u. 449.

für *Dictyocha binoculus*. Monatsber. 1844. p. 79.

für *Dictyocha diommata*. Monatsber. 1845. p. 76.

für *Dictyocha haliomma*. Monatsber. 1844. p. 80.

für *Dictyocha hexathyra*. Monatsber. 1844. p. 80.

für *Dictyocha ornamentum*. Monatsber. 1844. p. 80.

für *Dictyocha septenaria*. Monatsber. 1844. p. 80.

nung, dass dieselben nur an den Stellen gefunden wurden, wo auch diese Art auftrat¹, nämlich:

- 4) im weißen Kalkmergel von Caltanissetta, Sicilien,
- 2) im Mergel und Polirschiefer von Oran, Algier,
- 3) im grauen Polirschiefer und Tripel von Richmond, Virginien,
- 4) im Tripel von San Francisco, Californien,
- 5) im plastischen Thon von Ägina.

Zwei weitere Fundorte des fossilen *Distephanus speculum* finden sich nach dem Erscheinen der Mikrogeologie (1854) noch in den Monatsberichten der Berliner Akademie der Wissenschaften aus den Jahren 1855 und 1856 von EHRENBURG angegeben, und zwar wurde *Distephanus speculum* sowie die unter dem Namen *Dictyocha aculeata* beschriebene Form

6) im Tripel vom Morro de Mejillones² (an der Küste von Bolivia oder Chile, an der Grenze beider Staaten) und *Dictyocha speculum* (?),

7) im Halbiolith-Tripel bei Simbirsk³, in der Nähe von Kasan gefunden.

Außer den aufgezählten neun *Dictyocha*-Arten EHRENBURG's müssen noch zwei andere ebenfalls auf Grund ihres Skelettbaues zu *Distephanus speculum* gestellt werden.

Es sind dies die beiden Species, *Dictyocha anacantha* und *Dictyocha Erebi*, die EHRENBURG in Grundproben des Atlantischen Oceans aus 10 800 und 12 000 Fuß Tiefe gefunden hatte⁴.

Dictyocha anacantha ist, wie schon EHRENBURG selbst angiebt, nur eine »*Dictyocha speculum aculeis obsoletis*«,

Dictyocha Erebi, eine »*Dictyocha speculum aculeis subaequalibus parvis, cellularum parietibus tenuibus*«⁵.

Im Jahre 1880 veröffentlichte STÖHR seine Untersuchungen über die, in den Tripoli von Grotte in Sicilien enthaltenen fossilen Radiolarienskelette. Er fand in denselben, indem er wie EHRENBURG *Dictyocha aculeata* als selbständige Art auffasst und von *Dict. speculum* abtrennt, vier Species der Gattung *Dictyocha*, nämlich: *Dictyocha speculum*, *Dictyocha aculeata*, *Dictyocha fibula* und *Dictyocha messanensis*.

¹ Interessant ist in dieser Beziehung auch der Rückstand aus etwas geschmolzenem Polareis (sog. Pancake-Ice), den Kapitän Ross auf einer Südpol-Reise (1844—1848) gesammelt hatte, und der zugleich Skelette von *Dist. speculum* und fünf seiner Varietäten, *Dict. aculeata*, *Dict. binocularis*, *Dict. biternaria*, *Dict. ornamentum* und *Dict. septenaria* enthielt. Monatsber. 1844. p. 186.

² Monatsber. 1856. p. 428.

³ Monatsber. 1855. p. 801.

⁴ Monatsber. 1854. p. 54—75. cf. Tabellarische Übersicht.

⁵ Ebendasselbst. p. 238.

Außerdem beschreibt Stöhr in dieser Abhandlung¹ sein neues Genus *Distephanus* mit der einen Art *Distephanus rotundus*, die er folgendermaßen charakterisiert: »Über der unteren Seite der Basis von *Dictyocha speculum* legt sich ganz in derselben Weise ein Hütchen von Kieselbalken an, wie auf der entgegengesetzten Seite der Basis. Es entsteht auf diese Weise eine vollständig geschlossene Figur, den Übergang zu den Sphaerida machend. Die Basis ist ein regelmäßig sechseitiges Balkengerüst mit sechs Stacheln an den Ecken, darüber erhebt sich das Hütchen, indem von der Mitte der Seiten Kieselbalken schief ansteigen, die oben ein kleines regelmäßiges Sechseck tragen; ganz dasselbe wiederholt sich auf der anderen Seite der Basis. Sehr selten, nur ein Exemplar.«

Es ist wohl nicht zu bezweifeln, wie auch schon Haeckel² hervorhebt, dass Stöhr in diesem Falle nur zwei, mit ihren Basalringen an einander liegende Gehäuse von *Dictyocha speculum* beobachtet und als neue Gattung beschrieben hat.

Die Art der Untersuchung Kieselpanzer führender Gesteine mag die Erscheinung erklären, dass Ehrenberg niemals und Stöhr auch nur einmal ein derartiges Doppelgehäuse fand.

Da schon Haeckel richtig erkannte, dass die von Stöhr begründete neue Gattung nicht forbestehen konnte, so behielt er den Namen *Distephanus* zwar bei, bezeichnete jedoch mit demselben das dritte Genus seiner Dictyochiden.

Die Zusammenfassung der oben genannten 11 *Dictyocha*-Arten Ehrenberg's unter dem Namen ihrer gemeinsamen Grundform *Distephanus speculum*, macht es zugleich notwendig, von den 43 Species, die Haeckel bei seiner Gattung *Distephanus* unterscheidet, einzelne, nämlich *Dist. ornamentum* und *Dist. aculeatus* sowie ferner wahrscheinlich auch *Dist. sirius* unter dieser Bezeichnung zu vereinigen; doch sind die Species-Charaktere bei diesem Genus — wie es mir in ähnlicher Weise bei den *Dictyocha*-Arten der Fall zu sein scheint — so wenig konstant, dass eine scharfe Abgrenzung seiner Arten gegen einander allein nach dem Skelett nicht überall möglich ist, und man daher auch noch *Distephanus asteroides* Heckl. sehr wohl als eine regelmäßige fünfstrahlige Form auffassen mag, eben so wie man die von Ehrenberg in seiner Mikrogeologie³ abgebildete *Dictyocha ornamentum* als ein siebenstrahliges Exemplar von *Distephanus speculum* ansehen kann.

¹ cf. Anm. 4 p. 14.

² Challenger-Report. p. 4562.

³ Ehrenberg, Mikrogeologie. Taf. XXII, Fig. 49.

Dictyocha ornamentum und *Dictyocha septenaria*¹ können außerdem zugleich als Zwischenformen zwischen *Distephanus speculum* und den achtstrahligen *Distephanus*-Arten betrachtet werden.

In der »Systematischen Darstellung der Thiere des Plankton« spricht Möbius² seine Meinung über den Skelettbau bei *Distephanus speculum* dahin aus, dass er diejenigen Exemplare dieser Art, die außer den sechs großen Radialstacheln noch kleinere Stacheln am Basal- oder Apicalring tragen, nicht wie EHRENBURG es thut »für Vertreter einer eigenen Species (*Dictyocha aculeata* Ehrenbg.)« ansehe, sondern dieselben »für eine Entwicklungsstufe von *D. speculum*« halte.

Leider hatte ich keine Gelegenheit, Beobachtungen zu machen, die mir über diesen Punkt die nöthige Klarheit verschafft hätten; doch glaube ich, dass die von Möbius gegebene Erklärung große Wahrscheinlichkeit für sich hat, wenn es auch nicht ausgeschlossen ist, dass die auffallende Variabilität im Skelettbau bei *Distephanus speculum*, die sich nicht nur auf die kleinen Stacheln oder Dornen des Basal- und Apicalringes, sondern auch auf die Zahl, Größe und Anordnung der Radialstacheln, sowie der Maschen des Gitterwerkes erstreckt, durch eine besondere Neigung zur Bildung von Varietäten bei dieser Art hervorgerufen wird.

Eine Zusammenstellung der für *Distephanus speculum* angewandten Synonyma würde etwa folgende Namen enthalten:

<i>Dictyocha speculum</i> Ehrenberg,	<i>Dictyocha ornamentum</i> Ehrenberg,
<i>Dictyocha aculeata</i> Ehrenberg,	<i>Dictyocha septenaria</i> Ehrenberg,
<i>Dictyocha anacantha</i> Ehrenberg,	<i>Dictyocha ubera</i> Ehrenberg,
<i>Dictyocha binoculus</i> Ehrenberg,	<i>Distephanus rotundus</i> Stöhr,
<i>Dictyocha biternaria</i> Ehrenberg,	<i>Distephanus speculum</i> Haeckel,
<i>Dictyocha diommata</i> Ehrenberg,	<i>Distephanus aculeatus</i> Haeckel,
<i>Dictyocha Erebi</i> Ehrenberg,	<i>Distephanus asteroides</i> Haeckel,
<i>Dictyocha haliomma</i> Ehrenberg,	<i>Distephanus ornamentum</i> Haeckel,
<i>Dictyocha hexathyra</i> Ehrenberg.	(?) <i>Distephanus sirius</i> Haeckel.

3. Untersuchungen über den Bau des Weichkörpers von *Distephanus speculum*.

Die Angaben, die sich über den Weichkörper von *Distephanus speculum* in der Litteratur finden, sind so wenig zahlreich und ausführlich, dass ich dieselben, so weit sie mir zur Kenntniss gelangt sind, hier wörtlich wiedergeben kann.

EHRENBURG³ schrieb im Jahre 1839 über das erste von ihm lebend

¹ Ebendasselbst. Taf. XXXVA, Nr. XXI, Fig. 8.

² cf. Anm. 2 p. 42.

³ cf. Anm. 1 p. 12.

in Kiel beobachtete Exemplar dieser Art: »Die lebenden Thierchen hatten die Zellen mit einem grünen weichen Inhalte erfüllt, worin Bläschen und sehr feine Körnchen erkennbar waren. Ortsveränderung war sehr langsam, nur bei längerem Fixiren bemerklich.« An einer anderen Stelle, in der Tafelerklärung¹, sagt er dann, gemäß seiner eigenartigen Anschauung über den Weichkörper dieser Thiere: »Fig. 4 a ist das mit seinem Ovarium erfüllte, daher grünliche Thierchen.«

16 Jahre später, im Jahre 1855, berichtet uns JOHANNES MÜLLER² in einem, vor der Akademie der Wissenschaften in Berlin gehaltenen Vortrage »Über die im Hafen von Messina beobachteten Polycystinen« von einer lebend gesehenen *Dictyocha*-Art, die wohl zweifellos mit *Distephanus speculum* identisch ist: »An den frisch beobachteten Exemplaren einer sechsstrahligen *Dictyocha* war das Kieselnetz von einer gelblichen organischen Substanz gefüllt, die das Netz auch auswendig überzog und verhüllte, und war der Körper niemals in weiche Strahlen verlängert.«

Die im Jahre 1873 von EHRENBURG³ veröffentlichten »Mikrogeologischen Studien« bestätigen diese Beobachtung in der Hauptsache. Er sagt daselbst: »Von radienartig abgehenden Fäden oder von Schleimumhüllung habe ich weder bei der bewegten *Dictyocha speculum*, noch bei den nicht bewegt gesehenen Formen eine Anschauung erlangt, und es war unzweifelhaft, dass ihr Kieselgerüst eine netzartige Schale, nicht aber ein inneres Skelett sei.«

Die letzten Angaben über ein lebend beobachtetes Exemplar von *Distephanus speculum* finden sich in den schon mehrfach erwähnten »Berichten der Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere«, aus dem Jahre 1887, wo MÖBIUS⁴ ein lebendes Exemplar dieser Art abbildet und folgendermaßen beschreibt: »Ein am 12. November 1870 lebend beobachtetes und gezeichnetes Individuum war mit körnigem gelblichem Plasma angefüllt und machte langsam Drehbewegungen.«

Da der weiche Inhalt der Dictyochiden-Gehäuse bisher einer eingehenderen Untersuchung nicht unterzogen wurde und diese kleinen Kieselgebilde wiederholt zahlreich im Calymma von Phaeodarien (Dictyochiden in HAECKEL's Sinne) beobachtet wurden, so lag allerdings einerseits der Gedanke sehr nahe, die leeren Dictyochidenpanzer für

¹ Ebendasselbst. p. 472.

² cf. Anm. 4 p. 7.

³ EHRENBURG, Mikrogeologische Studien über das kleinste Leben der Meeres-Tiefgründe aller Zonen, und dessen geologischen Einfluss. Berlin 1873. p. 240.

⁴ cf. Anm. 2 p. 12.

die Skeletttheile dieser Phaeodarien zu halten; andererseits, wenn man sie mit einem kleinen grünen oder gelblichen, kugeligen Gebilde erfüllt sah, den weichen Inhalt der Gehäuse für zufällig in die Höhlung derselben gelangte Phaeodellen zu halten. Ein genaueres Studium dieses Körpers lehrt jedoch, dass man es mit selbständigen kleinen Individuen zu thun hat.

Nach der bisher herrschenden Ansicht glaubte auch ich Anfangs, dass diese Organismen zu den Radiolarien zu rechnen seien. Ich unterschied demnach auch bei *Distephanus speculum* Centralkapsel und Extracapsulum; doch ergaben sich im Laufe der Untersuchung im Bau des Weichkörpers so viele Unterschiede zwischen der genannten Dictyochiden-Art einerseits und den Radiolarien andererseits, dass diese Anschauung sich nicht aufrecht erhalten ließ.

Da ich jedoch die Frage in Betreff der systematischen Stellung der Dictyochiden noch unentschieden lassen will, um dieselbe in einem späteren Abschnitt einer genaueren Erörterung zu unterziehen, so werde ich im Folgenden das bei *Distephanus speculum* beobachtete centralkapselähnliche Gebilde vorläufig unter der ganz unbestimmten Bezeichnung »Centralkörper«, und den anderen, dem Extracapsulum der Radiolarien vergleichbaren Körperbestandtheil einfach als »Körperplasma« beschreiben.

a) Das Körperplasma.

Der voluminöseste Bestandtheil des Weichkörpers von *Distephanus speculum* wird von dem Körperplasma gebildet, das als rundliches Gebilde den Hohlraum des Skelettes erfüllt und in seinem Mittelpunkt den Centralkörper einschließt. Wie bei den Radiolarien wird es von einer festen Hüllmembran nicht umgeben. Während jedoch bei diesen Thieren das extrakapsulare Protoplasma radiär in zarte Pseudopodien ausstrahlt, kommen derartige Gebilde bei *Distephanus speculum* niemals vor¹. Auch von einer Schleimhülle, von der JOH. MÜLLER spricht, habe ich an frischen Exemplaren nichts entdecken können.

Dagegen beobachtete ich zu wiederholten Malen in Übereinstimmung mit einander ganz frische, lebenskräftige Individuen der genannten Art, deren Plasma in eine äußerst feine, lange, hyaline Geißel verlängert war, die sehr lebhaft schwingende Bewegungen ausführte. Bei dem schwimmenden Thiere liegt das fadenförmige Flagellum mit seinem proximalen Theile einem der sechs Radialstacheln an, während

¹ Sowohl EHRENBURG als auch MÜLLER heben schon besonders hervor, dass bei diesem Thiere Pseudopodien nicht beobachtet wurden; auch MÖBIUS giebt nichts über das Vorhandensein derselben an.

das distale Ende in der Verlängerung desselben erscheint¹. Die Schwimmrichtung ist eine geradlinige, und ist die Geißel bei der Fortbewegung nach vorn gerichtet. Von Zeit zu Zeit sieht man dieselbe jedoch in ihrem distalen Theile aus der geraden Richtung seitlich abgelenkt, und zugleich damit eine Änderung in der bisherigen Schwimmrichtung eintreten. Unter dem Druck des Deckgläschens starben die Thiere schon nach wenigen Augenblicken ab. Die peitschenartigen Schwingungen der Geißel wurden immer langsamer und hörten schließlich ganz auf, indem sie in unregelmäßige Zuckungen und Krümmungen übergingen. An todtten Exemplaren war keine Spur des Flagellums mehr zu sehen, doch habe ich nicht beobachtet, ob dasselbe eingezogen oder abgeworfen wurde.

Dass die Geißel nicht schon früher gesehen wurde, liegt wahrscheinlich an der sonst üblichen Fangmethode mittels des Oberflächennetzes, bei welcher derartige zarte Organe wohl unfehlbar zerstört wurden.

Die Lokomotion, die durch das Flagellum erzielt wird, ist eine ziemlich ausgiebige Schwimmbewegung, welche zu den bei Radiolarien beobachteten Verhältnissen in auffallendem Gegensatz steht.

Zwar ist das Vorkommen einer Geißel auch bei einzelnen Arten aus dieser Thiergruppe konstatirt worden — so beobachtete HAECKEL² in Messina Vertreter von drei verschiedenen Gattungen (*Euchitonia*, *Spongasteriscus* und *Spongocyclia*), deren extrakapsulare Sarcode in ein Flagellum verlängert war — doch waren bei den genannten bilateral symmetrischen Radiolarien außer diesem noch Pseudopodien vorhanden, und machte die dicke Geißel nur sehr langsame Bewegungen, die »nicht direkt wahrgenommen, sondern nur aus der successiven Veränderung der bald geraden, bald geschlängelten Form erschlossen« wurden.

Nach HERTWIG'S³ Untersuchungen ist in der Sarcodegeißel dieser Thiere überhaupt kein eigentliches Flagellum zu erblicken, sondern nur ein durch Verschmelzen zahlreicher Pseudopodien entstandener Protoplasmafaden, der »im Ruhezustand gerade gestreckt ist«, und nur auf Reize mit Bewegung reagirt; »vor Allem aber die Körnchenströmung und die Fähigkeit, mit benachbarten Pseudopodien zu anastomosiren«, zeigt.

Ein besonderes Interesse erwecken die Einschlüsse, die sich bei

¹ Das in Fig. 9 abgebildete Exemplar von *Distephanus speculum* war offenbar bereits im Absterben begriffen, da bei demselben die Lage der Geißel eine ganz andere war als bei den schwimmenden Individuen.

² HAECKEL, Monographie der Radiolarien. Berlin 1862. p. 443.

³ R. HERTWIG, Der Organismus der Radiolarien. Jena 1879. p. 67.

Distephanus speculum in dem äußeren Körperplasma finden, und die dem Weichkörper des lebenden Thieres seine bräunlichgelbe Färbung verleihen. Dieselben bestehen aus kleinen, ellipsoidisch verlängerten oder kugeligen Körperchen, deren Durchmesser meist zwischen 0,0015 mm und 0,0025 mm schwankt.

Sie sind stets zahlreich in das Protoplasma eingelagert und lassen oft eine Anordnung in kleinen Haufen oder Ketten erkennen. Bei Anwendung von Farbstoffen färbten sich die Körnchen diffus; ein Kern war in ihnen nicht nachzuweisen.

Ob man es in diesem Falle mit kleinen symbiotischen Algenzellen oder mit endogenen Chromatophoren zu thun hat, konnte ich mit Sicherheit bisher nicht entscheiden.

An einem stark verletzten Exemplar von *Distephanus speculum* machte ich nämlich schon frühzeitig die Beobachtung, dass die kleinen braungelben Körper einzeln, oder oft zu zweien, den Hohlraum des Skelettes verließen und sich mit zitternder Bewegung im Wasser umhertummelten.

Diese Erscheinung, die ich später noch ein paar Male Gelegenheit hatte, zu beobachten, und die mich Anfangs zu der Annahme bestimmte, dass die in Rede stehenden Gebilde Algenzellen — vielleicht nur »zur Ruhe gekommene Schwärmezustände von Meeresalgen¹« — seien, ist jedoch möglicherweise nur auf Molekularbewegungen oder Diffusionsströmungen zurückzuführen, zumal, da an den bewegt gesehenen Körnchen irgend welche Bewegungsorgane, wie Geißeln, nicht zu erkennen waren, und dieselben auch auf den ersten Blick viel mehr den Eindruck von endogenen Chromatophoren machten.

Bald nach dem Absterben des Protoplasmaleibes von *Distephanus speculum* ändern die kleinen braungelben Körper ihre Farbe, indem der in ihnen enthaltene diatominartige Farbstoff in Folge von Zersetzung einen gelbgrünen Farbenton annimmt, so dass die grünliche Färbung des Weichkörpers bei der genannten Art, ähnlich wie bei Peridineen oder Diatomeen ein sicheres Kriterium dafür ist, dass man abgestorbene Individuen vor sich hat.

Vacuolen oder Alveolen, wie sie sich bei zahlreichen Radiolarien im Exoplasma finden, wurden bei *Distephanus speculum* nicht beobachtet.

¹ BRANDT, »Über die morphologische und physiologische Bedeutung des Chlorophylls bei Thieren.« in: Mittheilungen aus der Zool. Station zu Neapel. Bd. IV. Leipzig 1888. p. 242.

b) Der Centralkörper.

Bisher wurde bei keiner Dictyochidenart ein kern- oder central-kapselähnliches Gebilde, wie ich es hier provisorisch als Centralkörper bezeichnet habe, nachgewiesen. Am lebenden Thiere ist dasselbe auch nicht zu erkennen, da es von den Einschlüssen des Körperplasma verdeckt wird. Tödtet man jedoch den Organismus ab, und lässt einen Farbstoff, etwa Hämatoxylin, einige Augenblicke auf den Weichkörper einwirken, so tritt schon bei relativ schwacher Vergrößerung ein deutlich umschriebener, intensiv gefärbter, rundlicher Chromatinkörper hervor. Die Anwendung stärkerer Objektive lässt erkennen, dass derselbe von einer nur schwach gefärbten vacuolären Protoplasmaschicht umgeben ist, die sich durch eine zarte Membran gegen das übrige Körperplasma scharf abgrenzt.

Der Centralkörper von *Distephanus speculum* liegt im Mittelpunkt des Protoplasmaleibes, so dass derselbe bei der Ansicht des Thieres von der Apicalseite, im Lumen der Apicalmasche erscheint (Fig. 40). Er ist von ellipsoidischer Gestalt; die Länge der beiden Durchmesser beträgt durchschnittlich 0,0053 und 0,0058 mm.

Der Chromatinkörper, der dem Nucleus der Radiolarien zu vergleichen wäre, ist relativ groß (im Mittel etwa 0,0035 mm, höchstens 0,0038 mm) und von ähnlicher Form wie der Centralkörper, der ihn einschließt. Bei den gefärbten Exemplaren stellte derselbe ein meist homogenes Gebilde dar, in welchem feinere Strukturverhältnisse nicht zu unterscheiden waren. Oftmals ließen sich jedoch an seiner Oberfläche Einschnürungen erkennen; ja, zuweilen schien er sogar aus einzelnen kugeligen Portionen zu bestehen, die sich durch hellere Grenzen von einander abhoben und so den Anschein erweckten, als ob derselbe in Theilung begriffen sei. Doch gelangte niemals ein Stadium zur Beobachtung, das mit Sicherheit auf einen nahe bevorstehenden Theilungsakt hingedeutet hätte.

Die vacuoläre Zone, die ich Anfangs dem intrakapsularen Protoplasma der Radiolarien als gleichwerthig erachtet hatte, umgiebt den Chromatinkörper als dünne (etwa $\frac{1}{1000}$ mm starke) Hülle und weist nur eine Schicht kleiner Vacuolen auf, deren Durchmesser ungefähr 0,0007 mm betragen mochte. Irgend welche geformte Elemente waren bei der geringen Größe dieser Gebilde in ihnen nicht nachzuweisen.

Die Membran des Centralkörpers ist sehr zart, und durch einen einfachen, feinen Kontour bezeichnet.

Im Anschluss an die Beschreibung des Weichkörpers von *Distephanus speculum* möchte ich sogleich noch eine Erscheinung schildern,

die ich in einiger Übereinstimmung bei drei Exemplaren der genannten Art beobachtete. Den drei in Rede stehenden Individuen fehlte nämlich ein Centralkörper, wie man ihn sonst bei diesen Thieren findet; statt seiner konnte man dagegen mittels starker Vergrößerungen in allen drei Fällen mehrere gleich große, länglich runde Körper erkennen, die, von einer dünnen Membran umgeben, sich deutlich gegen einander abschlossen. Bei einer Breite von durchschnittlich 0,0038 mm betrug die Länge derselben im Mittel etwa 0,0045 mm.

Da die Entstehung, sowie die Bedeutung dieser Gebilde, mit Sicherheit nicht erkannt werden konnte, und außerdem auch die Übereinstimmung bei den drei Exemplaren nicht eine vollständige war, so werde ich die drei Fälle im Folgenden einzeln näher beschreiben.

Im ersten Falle (Fig. 11) lag eine Anzahl (etwa acht) der erwähnten rundlichen Körper excentrisch in dem Weichkörper, nahe der Oberfläche desselben eine unregelmäßige Kette bildend. Im Inneren derselben fand sich ein centraler kleiner Kern vor, dessen Größe ich auf 0,0007 mm bestimmte. Über die Struktur des übrigen Inhaltes konnte ich keinen genaueren Aufschluss erlangen.

Bei dem zweiten Exemplar (Fig. 12) waren fünf der ellipsoidischen Körper vorhanden, die ebenfalls excentrisch, aber dicht beisammen, sich sogar zum Theil verdeckend im Weichkörper des kleinen Organismus gelagert waren. Sie zeigten eine diffuse Färbung, doch konnte ich mit Hilfe der WINKEL'schen Ölimmersion $\frac{1}{20}$ feststellen, dass sie mit einer Anzahl kleiner, kugelig, bläschenartiger Gebilde erfüllt waren.

Ganz ähnlich gestalteten sich die Verhältnisse im dritten Falle, nur fanden sich die länglich runden Körper in weit größerer Zahl vor, so dass fast der ganze Hohlraum des Skelettes mit ihnen angefüllt war. Sie waren ebenfalls diffus gefärbt, dagegen ließ sich die Struktur ihres Inhaltes nicht mit gleicher Sicherheit erkennen, wie bei dem vorher beschriebenen Individuum.

Zwar liegt nach den angeführten Beobachtungen der Gedanke sehr nahe, dass die ellipsoidischen Körper parasitäre Organismen sind, die von außen in den Weichkörper von *Distephanus speculum* eingedrungen waren und den Centralkörper zerstört hatten; doch bin ich viel mehr geneigt anzunehmen, dass sie aus diesem hervorgegangen waren, und die geschilderten drei Fälle demnach drei verschiedenen Vermehrungszuständen dieser Art entsprechen.

In welcher Weise sich die länglich runden Gebilde aus dem Centralkörper entwickelt haben mochten, ließ sich allerdings nicht feststellen, da irgend welche Zwischenstadien nicht beobachtet wurden.

Endlich erübrigt es noch, mit einigen Worten auf jene merkwürdigen Doppelindividuen von *Distephanus speculum* zurückzukommen, deren Skelettbau ich bereits oben beschrieben habe.

Was den Weichkörper dieser Bildungen betrifft, so ist derselbe dem Protoplasmaleib der Einzelindividuen ganz analog gebaut. Im Mittelpunkt des zweischaligen Gehäuses liegt der Centralkörper, umgeben von dem Körperplasma, das als rein kugeliges Gebilde den Hohlraum des Kieselgehäuses erfüllt, und dessen Einschlüsse wie bei den Einzelthieren aus kleinen braungelben Körnchen bestehen.

Da lebende Exemplare der Doppelindividuen nicht zur Beobachtung gelangten, so kann ich über das Vorhandensein oder Fehlen des Flagellums bei diesen Bildungen nichts Näheres angeben.

Schon Möbius¹ vermuthete im Jahre 1887 in den Doppelindividuen von *Distephanus speculum* einen Vermehrungszustand dieser Art, und bin auch ich der Ansicht, dass diese Deutung der Erscheinung die größte Wahrscheinlichkeit für sich hat. Leider bin ich wegen Mangels an geeignetem Untersuchungsmaterial nicht in der Lage, bestimmte Angaben über die Beziehungen der in Rede stehenden Gebilde zu der Vermehrung der Dictyochiden machen zu können, doch möge es mir gestattet sein, schon jetzt einige Vermuthungen über die Bedeutung der Doppelindividuen für die Fortpflanzung dieser Thiere zu äußern.

Eine Erscheinung, die ich bisher noch nicht erwähnt habe, besteht in der durchschnittlich bedeutenderen Größe des Chromatinkörpers bei den Doppelindividuen, als bei den Einzelthieren. Obgleich man allerdings zuweilen auch bei ersteren recht kleine, und bei letzteren auffallend große Chromatinkörper beobachtet, so beträgt doch bei diesen der Durchmesser desselben im Mittel 0,0035 mm, und nur in vereinzelten Fällen 0,0038 mm; während bei jenen seine Größe gewöhnlich zwischen 0,0038 und 0,0045 mm variirt, ja, in einem Falle sogar 0,005 mm betrug.

Diese Beobachtung macht es sehr wahrscheinlich, dass man in den Doppelindividuen zwei in Conjugation befindliche Individuen vor sich hat, deren Chromatinkörper zu einem gemeinsamen verschmolzen sind².

Es tritt daher zunächst die Frage an uns heran, ob wohl auf die Conjugation eine Theilung dieses neuen geschlechtlichen Centralkörpers oder etwa Sporenbildung folgen wird.

Zu Gunsten der ersteren Annahme scheint mir nur Weniges zu

¹ cf. Anm. 2 p. 12.

² Hiergegen spricht allerdings der Umstand, dass ich nie zwei Centralkörper in einem Doppelindividuum gefunden habe, doch mag das Fehlen dieses Stadiums mit der Unvollständigkeit meines Materials zusammenhängen.

sprechen. Weder wurde bei *Distephanus speculum* ein Doppelindividuum mit mehreren Centralkörpern beobachtet, noch auch ist ein Grund dafür einzusehen, wesshalb nur zu einer bestimmten Jahreszeit eine so energische Kerntheilung bei diesem Thiere erfolgen sollte, dass diese das schnelle Steigen der Individuenzahl während der letzten Monate des Jahres hervorzurufen vermöchte, während zu anderen Zeiten des Jahres die Produktion neuer Individuen auf 0 herabzusinken scheint. Am meisten Wahrscheinlichkeit hat daher die Annahme, dass die Conjugation zweier Individuen von *Distephanus speculum* eine endogene Sporenbildung einleitet.

Als Begründung für diese Ansicht möchte ich Folgendes anführen.

Während man in den Monaten Mai, Juni und Juli nur außerordentlich selten, oder gar keine Exemplare der kleinen Dictyochiden-Art in der Kieler Bucht fängt, beginnt im August die Zahl der Individuen allmählich zu wachsen, und erreicht mit rapid zunehmender Steigerung scheinbar im Oktober oder November ihr Maximum. Zu dieser Zeit tritt *Distephanus speculum* in großer Menge auf; später sinkt die Zahl dann wieder¹.

Die Annahme einer anderen Vermehrungsart — etwa durch Theilung des Centralkörpers — würde wohl kaum die plötzliche Zunahme der Individuenzahl, die im Jahre 1884 vom 30. September bis zum 16. Oktober, also in einem halben Monat, auf das Dreißigfache² stieg, erklären, so dass man schon allein aus diesem Grunde genöthigt ist, eine sehr ausgiebige Art der Vermehrung, wie sie sich etwa in der Sporenbildung darbietet, anzunehmen.

Um diese Frage jedoch mit Sicherheit entscheiden zu können, bedarf es noch genauerer Untersuchungen, und betrachte ich daher dieselben keineswegs als abgeschlossen.

Zum Schlusse muss ich noch eine Annahme widerlegen, die ich bereits bei der Beschreibung der Doppelgehäuse angedeutet habe. Wie oben erwähnt, könnte man vielleicht den Einwand machen, dass das Gehäuse von *Distephanus speculum* ursprünglich aus einer zweiklappigen Schale besteht, deren Hälften, da eine feste Verbindung zwischen ihnen nicht besteht, durch den Mechanismus der Fischerei leicht von einander getrennt werden können, und daher oft einzeln,

¹ Eine derartige Periodicität in ihrem Auftreten zeigen zahlreiche Organismen des Plankton; so erreicht z. B. nach HENSEN's Zählungen (V. Kommissionsbericht) *Ceratium tripos* im Oktober, die *Chaetoceros*-Arten im März, *Rhizosolenia alata* im Mai ihr Maximum.

² HENSEN, Über die Bestimmung des Planktons (V. Kommissionsbericht). cf. letztes Zählungsprotokoll.

theils leer, theils mit dem Weichkörper erfüllt, gefunden werden. Zwar erscheint dieser Einwand auf den ersten Blick nicht unberechtigt, doch wird derselbe durch folgende Beobachtungen widerlegt.

Trotz der Übereinstimmung, welche die Doppelindividuen im Bau ihres Weichkörpers mit den Einzelthieren zeigen, macht sich doch schon in Bezug auf die Größe desselben, der bei ersteren die Höhlung zweier Gehäuse ausfüllt, ein deutlicher Unterschied zwischen ihnen geltend.

Ferner beobachtet man die Einzelthiere weit häufiger als die Doppelindividuen, eine Erscheinung, die nicht leicht zu erklären wäre, wenn man jene für einen abnormen Zustand bei den Dictyochiden halten wollte, der etwa in Folge von mechanischen Einflüssen hervorgerufen worden wäre. Hinzu kommt noch, dass selbst die Hälften leerer Doppelgehäuse oft in einem so festen Zusammenhang mit einander stehen, dass es stärkerer Einwirkungen bedarf, um dieselben zu trennen, als sie etwa in der Reibung an den Wandungen des Netzes (die übrigens bei der Methode der Planktonfischerei auf ein Minimum beschränkt ist) gegeben sind.

Auch die Beobachtung eines Doppelgehäuses, dessen eine Hälfte nur mit einem Weichkörper erfüllt war, spricht sehr für die Selbstständigkeit der Einzelthiere. Wahrscheinlich wurde in diesem Falle der Körper des anderen Individuums aus der Skeletthöhle herausgespült.

Endlich würden auch die kleinen centripetalen Zähne des Basalringes, da sie bei der Bildung der Doppelgehäuse, wie ich bereits nachwies, keine Rolle spielen, zwecklos erscheinen, wenn man nicht annehmen will, dass ihre Funktion darin besteht, den Weichkörper der Einzelindividuen im Innenraum des Skelettes zu erhalten.

Anhang.

Die geographische Verbreitung von *Distephanus speculum* ist eine sehr ausgedehnte, und, wie es scheint, bedeutender als bei irgend einer anderen Dictyochiden-Species. Die Untersuchungen EHRENBURG's, denen wir die genauere Kenntnis hieüber verdanken, haben gezeigt, dass diese Art nicht nur fossil an den verschiedensten Punkten der Erde vorkommt, sondern auch in den Meeren aller Zonen, mit Ausnahme der nördlichen Polarzone, in Tiefen von 0—20 000 Fuß gefunden worden ist¹.

Abgesehen davon, dass diese Tiefenmessungen nicht mit der Genauigkeit der heutigen Methoden ausgeführt wurden, wäre es verkehrt, wollte man aus der letzteren Angabe EHRENBURG's irgend welche Schlüsse

¹ EHRENBURG, Mikrogeologische Studien. p. 265.

auf die vertikale Verbreitung von *Distephanus speculum* ziehen. Weder beim Sammeln des Tiefseematerials, noch bei der Bearbeitung desselben, wurde Rücksicht auf die Erhaltung des Weichkörpers genommen, und es ist aus verschiedenen Gründen mehr als wahrscheinlich, dass die in so großen Tiefen gesammelten Exemplare daselbst nicht gelebt haben, sondern nach dem Absterben ihres Protoplasma-leibes aus den oberen Wasserschichten hinabgesunken waren.

Hierfür spricht vor allen Dingen das Vorkommen der braungelben Chromatophoren (Algenzellen?) im Weichkörper von *Distephanus speculum*, die in tieferen Wasserschichten zu assimiliren nicht im Stande sind, und allein schon dieses Thier als einen Bewohner der oberen Wasserschichten kennzeichnen. Außerdem fischte HENSEN¹ im Oktober 1884 die genannte Dictyochiden-Art in so großen Mengen mit dem feinmaschigen Oberflächennetz, dass durch die ungeheure Zahl der gefangenen Exemplare das massenhafte Vorkommen derselben an der Meeresoberfläche deutlich genug nachgewiesen worden ist. Auch nach MÖBIUS² Angaben findet sich unsere *Distephanus*-Art vornehmlich im Oberflächenwasser.

C. Widerlegung der Hertwig-Haeckel'schen Ansicht über die morphologische Bedeutung der Dictyochidenskelette.

Wie ich bereits oben ausgeführt habe, vertritt RICHARD HERTWIG in seinem Werke »Der Organismus der Radiolarien« und nach ihm HAECKEL in seinem »Report on the Radiolaria« die Ansicht, dass die von EHRENBURG als *Dictyochen* beschriebenen Kieselpanzer nicht die Gehäuse selbständiger kleiner Individuen, sondern nur die isolirten Skelettstücke größerer Radiolarien-Arten (Phaeodarien HAECKEL's, Tri-pyleen HERTWIG's) seien, bei denen sich das Skelett aus einer Anzahl unzusammenhängender, mehr oder weniger complicirt gebauter Kieselstücke zusammensetzt, die »wie die Stacheln einer *Aulacantha* oder die Nadeln eines *Collozoum* nach dem Tode ihres Trägers aus einander fallen«.

Da jedoch diese Ansicht sowohl durch die direkte Beobachtung lebender Dictyochiden widerlegt wird, als auch verschiedenen anderen Gründen gegenüber sich als irrthümlich erweist, so kann ich mich derselben nicht anschließen, werde vielmehr im Folgenden versuchen, die Unhaltbarkeit derselben nachzuweisen.

Zunächst hat mich das Studium von *Distephanus speculum* davon überzeugt, dass die Gehäuse der Gattung *Distephanus* wirklich selbstän-

¹ cf. Anm. 2 p. 27.

² cf. Anm. 3 p. 9.

digen kleinen Individuen angehören, wie ich sie im Vorhergehenden bereits genauer beschrieben habe.

Als Vertreter der *Dictyochen* s. str., die als selbständige Organismen beobachtet wurden, führe ich die beiden Arten *Dictyocha fibula* Ehrbg. und *Dictyocha messanensis* Hckl. an.

Die erstere Art wurde wie *Distephanus speculum* im Jahre 1839 von EHRENBURG zum ersten Male mit ihrem Weichkörper in der Ostsee beobachtet. In seiner schon mehrfach citirten Abhandlung »Über noch jetzt lebende Thierarten der Kreidebildung und den Organismus der Polythalamien« berichtet uns EHRENBURG¹ über den Bau des Protoplasma-leibes dieses Thieres mit folgenden Worten: »Der weiche Thierkörper trägt das Gerüst von Kieselstäbchen wie ein Rückenschild über sich und ist farblos. Ortsveränderung war nicht zu erkennen.«

Wenn auch diese Angaben, die, so viel mir bekannt ist, die einzigen sind, die sich über den Weichkörper von *Dictyocha fibula* Ehrbg. in der Litteratur finden, recht unvollkommen sind, und schon dadurch, dass keinerlei Ortsbewegung beobachtet wurde, durchaus nicht dafür zu sprechen scheinen, dass die kleinen Kieselpanzer dieser Art ein selbständiges Individuum bergen, so beweist vielleicht ein anderer Umstand dies um so sicherer.

Es wurde nämlich bisher weder von der Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere, noch sonst eine Phaeodarien-Art in der Ostsee gefischt, die in ihrem Calymma die Skelette von *Dictyocha fibula* enthielt. Dies hätte, wenn man die Richtigkeit der HERTWIG-HAECKEL'schen Ansicht anerkennt, bei der bedeutenden Größe von HERTWIG's *Dictyocha fibula*, gegenüber den kleinen hütchenförmigen Gehäusen von *Dictyocha fibula* Ehrbg., die wiederholt in größerer Zahl gefangen wurden, nothwendig geschehen müssen, um das Vorkommen derselben in diesem Meere zu erklären.

Die andere *Dictyocha*-Art, *Dictyocha messanensis*, wurde im Jahre 1862 zuerst von HAECKEL² in seiner Radiolarienmonographie beschrieben, in welcher er zugleich auch zwei mit ihrem Weichkörper erfüllte Exemplare dieser Species abbildet. Zwar gelangten keine lebenden Individuen zur Beobachtung, doch hatte HAECKEL mehrfach Gelegenheit, im Inneren des kleinen Gehäuses »übereinstimmend eine kleine kugelige Kapsel« zu bemerken, »welche der Centralkapsel von *Prismatium* glich, und farblos, durchsichtig, mit kleinen Bläschen erfüllt und von einem Gallertmantel umschlossen erschien«.

Wie bringt nun HAECKEL diese seine Angaben in seinem Challenger-

¹ Abhandl. 1839. p. 149.

² HAECKEL, Monogr. der Radiolarien. Berlin 1862. p. 272. Taf. XII, Fig. 3 u. 4.

Report mit der von HERTWIG begründeten Ansicht über die *Dictyochen*-Skelette in Einklang? —

Er glaubt seine früheren in Messina gemachten Beobachtungen über den Weichkörper von *Dictyocha messanensis* auf einen Beobachtungsfehler zurückführen zu müssen, indem er annimmt¹, dass die kleinen kugeligen Körper im Inneren der Skelette, Fremdkörper, wahrscheinlich Phaeodellen, gewesen seien, die nur durch Zufall in die Höhlung derselben gelangt waren.

Gegen diese Annahme spricht jedoch der eigenthümliche Bau dieser kleinen Gebilde, sowie die Ähnlichkeit derselben mit dem von EHRENBURG beschriebenen Weichkörper von *Dictyocha fibula*, für deren Kieselskelette ich die Selbständigkeit nachzuweisen bereits versucht habe.

Dass auch irgend eine der kleinen *Mesocena*- oder *Cannopilus*-Arten je lebend, oder doch wenigstens mit ihrem Weichkörper, beobachtet wäre, ist mir nicht bekannt, doch ist es mehr als wahrscheinlich, dass der Protoplasmaleib bei diesen Gattungen ganz ähnlich gebaut ist, wie bei den Gattungen *Dictyocha* und *Distephanus*, mit denen die genannten beiden Genera in Bezug auf die Struktur ihres Skelettes eine zusammenhängende Formenreihe bilden.

Außer den angeführten Beobachtungen sprechen auch noch andere sehr zu Ungunsten der HERTWIG-HAECKEL'schen Ansicht.

In CHUN's Werk »Über die pelagische Thierwelt in größeren Meerestiefen« giebt BRANDT² an, dass er leere Skelette von *Dictyocha messanensis* »in *Aulacantha*, *Aulosphaera*, *Coelodendrum*, *Spongosphaera*, in der Gallerte von *Sphaerozoum aciferum*, an *Amphilonche* und anderen Acanthometriden, im Darm von Ostracoden etc.« beobachtet habe. An den für diese Arbeit benutzten Präparaten, die mir von Herrn Prof. BRANDT freundlichst zur Verfügung gestellt wurden, konnte ich die angeführten Beobachtungen nur im vollen Maße bestätigen.

Bei den Exemplaren von *Aulacantha scolymantha*, einer Art, die in großen Mengen unter den Radiolarien aus dem Mittelmeer vertreten war, und auch bei den übrigen genannten Arten fand ich fast regelmäßig eine Anzahl von *Dictyochen*-Skeletten im Weichkörper vor. Dieselbe Erscheinung zeigte auch anderes Material aus dem Atlantischen und Pacifischen Ocean, mit dem einen Unterschiede nur, dass die kleinen Dictyochidengehäuse in diesem nicht ganz so zahlreich vertreten waren, sich jedoch ebenfalls außer in den Radiolarien, im Darm kleiner Crustaceen, Appendicularien und Wurmlarven aus diesen Meeren fanden.

¹ Challenger-Report. p. 4547.

² CHUN, Die pelagische Thierwelt in größeren Meerestiefen und ihre Beziehungen zu der Oberflächenfauna. Kassel 1887. p. 9.

Noch bemerkenswerther erscheint mir folgende Beobachtung.

In den Präparaten des Herrn Prof. BRANDT entdeckte ich zwei Exemplare einer neuen *Cannorrhaphis*-Art (*Cannorrhaphis mediterranea* n. sp.¹), die außer ihren Kieselröhren an der Oberfläche des Calymma zahlreiche *Dictyochen*-Skelette trugen. In beiden Fällen waren die kleinen hütchenförmigen Gehäuse in ganz derselben Weise angeordnet, wie ich es bei anderen Phaeodarien-Arten fand, deren Skeletteinlagerungen ausschließlich aus derartigen Kieselgebilden bestanden, bei Arten, die also der Gattung *Dictyocha* in HAECKEL's Sinne entsprachen.

Eine andere Erscheinung, die sich ebenfalls mit der HEATWIG-HAECKEL'schen Ansicht nicht leicht vereinigen lässt, besteht in dem Vorkommen der sogenannten Doppelgehäuse bei den Dictyochiden.

HAECKEL, der derartige Bildungen als Zwillingstücke, twin-pieces, bezeichnet, schreibt denselben eine sehr merkwürdige funktionelle Bedeutung zu, indem er sie als eine Schutzvorrichtung für Phaeodellen oder Schwärmsporen von Phaeodarien ansieht².

Fassen wir die angeführten Beobachtungen noch einmal kurz zusammen, so ergeben sich folgende, für die Beurtheilung der Dictyochiden-Skelette wichtigen Thatsachen:

Von den vier Gattungen der Dictyochiden: *Dictyocha*, *Distephanus*, *Mesocena* und *Cannopilus*, konnte für die beiden ersteren die Selbständigkeit der kleinen Kieselgebilde mit Sicherheit festgestellt werden, indem Vertreter dieser beiden Genera entweder lebend, oder doch wenigstens mit ihrem Weichkörper im Hohlraum des Gehäuses beobachtet wurden.

Eben so muss man schon aus dem Umstande, dass *Dictyocha fibula* und *Distephanus speculum* zahlreich in der Ostsee gefischt werden, während Phaeodarien-Arten, wie sie HAECKEL als Dictyochida bezeichnet, trotz ihrer viel bedeutenderen Größe, niemals dort gefangen wurden — selbst wenn man von der Beobachtung des Weichkörpers bei den genannten beiden Arten absieht — den Schluss ziehen, dass die Gehäuse dieser Dictyochiden keineswegs die Skeletttheile der genannten Radiolarien sein können.

Auch das Vorkommen der Doppelgehäuse, die, wie ich bei *Diste-*

¹ *Cannorrhaphis mediterranea* n. sp. Tangentialröhren gerade, cylindrisch, an den Enden stumpf abgeschnitten, in vereinzelten Fällen jedoch auch zugespitzt, an ihrer Oberfläche mit spiralig verlaufenden Verdickungen versehen, die den Eindruck erwecken, als ob ein feiner Kieselfaden in engen spiraligen Windungen um sie herum geführt wäre. Länge der Tangentialröhren 0,18—0,23 mm; Breite derselben 0,003—0,004 mm. Fundort: Mittelländ. Meer. Tiefe 4000 m.

² Challenger-Report. p. 4549.

phanus speculum nachzuweisen versuchte, wahrscheinlich durch Conjugation zweier Individuen entstehen, kann durch die HERTWIG-HAECKEL'sche Ansicht nicht befriedigend erklärt werden.

Endlich können die Dictyochiden-Gehäuse schon aus dem Grunde nicht die Skeletttheile bestimmter Phaeodarien-Species sein, da dieselben sowohl in der Gallerte aller möglichen Phaeodarien-, als auch bei den verschiedensten anderen Radiolarien-Arten, zuweilen sogar in jener auffallend regelmäßigen Anordnung angetroffen werden, in welcher sie sich bei den Dictyochiden in HAECKEL's Sinne oft finden.

Man könnte vielleicht auch noch die außerordentlich wechselnde Zahl und die manchmal sehr unregelmäßige Lagerung der kleinen Kieselgebilde bei HAECKEL's Dictyochiden-Arten erwähnen, die mit der Gesetzmäßigkeit im Bau anderer Radiolarienskelette nicht im Einklang steht, doch dürften die angeführten Thatsachen schon genügen, um darzuthun, dass die Dictyochiden-Panzer nicht, wie HERTWIG und HAECKEL annehmen, die isolirten Skeletttheile verschiedener Phaeodarien-Arten, sondern die Gehäuse selbstständiger kleiner Individuen sind; dass ferner sowohl HERTWIG, als auch später HAECKEL, ursprünglich skelettlose Phaeodarien-Arten (Phaeodinida) beobachtet, und als Dictyochiden bezeichnet haben, die aus irgend welchen Ursachen die Gehäuse solcher kleinen Organismen von außen in ihr Calymma aufgenommen hatten.

Fragt man nun nach den Gründen, die diese Erscheinung erklären, so lassen sich deren mehrere anführen.

Die nächstliegende Erklärung ist wohl die, dass die Dictyochiden-Gehäuse im Weichkörper der Radiolarien nur die unverdauten Überbleibsel dieser kleinen als Nahrung aufgenommenen Thierchen sind ¹.

Möglich ist es aber auch, dass die Kieselpanzer von den verschiedenen Radiolarien-Arten aufgenommen werden, um resorbirt, und zum Aufbau des eigenen Skelettes verbraucht zu werden.

Wenn diese Annahme richtig ist, und die Radiolarien, wie HAECKEL ²

¹ Da die Dictyochiden oft in ungeheuren Mengen aufzutreten scheinen, und ihre Skelette auch im Darm kleiner Crustaceen, Appendicularien, Wurmlarven etc. gefunden werden, so ist anzunehmen, dass diese Organismen, wo sie massenhaft vorkommen, allerdings als Nahrungsmittel kleinerer Meeresthiere eine bedeutende Rolle spielen.

² Das Wachsthum der Stacheln von *Coelodendrum* wird z. B. nach HAECKEL (Monographie d. Radiolarien, p. 152) dadurch hervorgerufen, »dass die Kieselrinde der hohlen Bäumchen beständig resorbirt und durch eine neue, weitere Röhre ersetzt wird«. An einer anderen Stelle (ebendasselbst p. 140) sagt er ferner wörtlich: »Die zur Bildung des Skelettes nöthige Kieselerde können die Radiolarien vielleicht

annimmt, wirklich im Stande sind, feste Kieselsäure zu lösen, würden die skelettlosen Phaeodiniden wahrscheinlich nur als Jugendformen¹ anderer, skelettführender Phaeodarien-Arten anzusehen sein, indem aus ersteren zunächst die Dictyochiden HAECKEL's mit ihrem Scheinskelett, und aus diesen wiederum Phaeodarien-Arten mit eigenen Skelettbildungen hervorgehen würden, deren Kieselsäure den kleinen Dictyochiden-Gehäusen entstammt.

Viel wahrscheinlicher jedoch haben wir bei den Phaeodiniden eine andere Erscheinung vor uns, wie wir sie auch sonst häufig im Thierreich beobachten, dass nämlich diese skelettlosen Thierformen durch Bedecken der Körperoberfläche mit kleinen Fremdkörpern, den weichen Protoplasmaleib zu schützen suchen, in ähnlicher Weise, wie sich die Phryganiden-Larven mit Gehäusen aus Pflanzentheilen, kleinen Steinchen oder anderem Material zu gleichem Zwecke umgeben.

Ganz entsprechende Bildungen, bei denen es sich jedoch wohl mehr um die Herstellung von Stützvorrichtungen handelt, finden wir z. B. auch bei den merkwürdigen Physemarien², die sich aus zahlreichen Fremdkörpern, welche sie in die äußere Schicht ihres Leibes aufnehmen, ein Pseudoskelett zusammensetzen; eben so bei den Ammoconiden und Psamminiden³, von denen einzelne Arten ausschließlich Radiolarien-Skelette zum Aufbau desselben verwenden. Ja, unter den Radiolarien selbst finden wir sogar noch andere Beispiele. So pflegt *Calcaromma calcarea* — eine Art, die HAECKEL für eine Thalassicollide (*Actissa*) hält — Kalkkörper mittels ihrer Pseudopodien in das Calymma aufzunehmen⁴.

Sehr auffallend ist bei den Phaeodiniden die Sorgfalt, mit der diese Thiere unter den zahlreichen Fremdkörpern im Meere die kleinen Dictyochiden-Gehäuse als Bestandtheile ihres Scheinskelettes auswählen. Doch auch für diese Erscheinung finden wir ein Analogon bei den Physemarien, bei denen nicht nur die Fremdkörper mit der größten eben so gut aus dem Meerwasser, als aus den stets darin vorhandenen und oft zahlreich in der Sarcoda angehäuften pelagischen Diatomeen und kieselschaligen Infusorien entnehmen.«

¹ Auch HAECKEL hebt schon die auffallende Übereinstimmung im Bau des Weichkörpers seiner *Dictyocha stapedia* und *Phaeodina tripylea* hervor, zwischen denen der einzige Unterschied in dem Vorhandensein der kleinen steigbügelförmigen Kieselkörperchen bei der ersteren Art beruht, und giebt außerdem zu, dass seine skelettlosen Phaeodiniden sehr wohl junge Phaeodarien sein können, bei denen ein Skelett noch nicht entwickelt ist. cf. Challenger-Report p. 1543—1544.

² HAECKEL, Die Physemarien (*Haliphysema* und *Gastrophysema*), Gastracaden der Gegenwart. Jenaische Zeitschr. XI. Bd. IV. Bd. Jena 1877.

³ HAECKEL, Report on the Deep-Sea Keratosa collected by H. M. S. Challenger. Zoology. Vol. XXXII. 1889.

⁴ HAECKEL, Challenger-Report. p. LXX, § 402 D.

Genauigkeit ausgesucht, sondern sogar die beiden Körperhälften, »aboraler und oraler Körpertheil mit verschiedenem Baumaterial ausgestattet werden«.

Dass übrigens die Phaeodiniden ihr Pseudoskelett fast regelmäßig aus den Gehäusen einer und derselben Dictyochiden-Species zusammensetzen scheinen¹, ist offenbar nur eine Folge des massenhaften Auftretens einer Dictyochiden-Species gegenüber anderen, an demselben Orte weniger zahlreich vorkommenden Arten.

So kommt z. B. für die Ostsee bei Kiel nur *Distephanus speculum* in Betracht, während sich in dem Material aus dem Mittelmeer fast ausschließlich *Dictyocha messanensis* fand. Auch aus den Untersuchungen EHRENBURG's ließen sich Gründe für diese Ansicht beibringen.

Gegen die Annahme, dass es sich bei der Aufnahme der kleinen Gehäuse von Seiten der Radiolarien hauptsächlich um eine solche von Kieselsäure handle, spricht vor Allem der Umstand, dass niemals Dictyochiden-Skelette beobachtet wurden, welche die Spuren einer allmählichen Zerstörung erkennen ließen, so dass die Anhäufung derselben im Weichkörper der verschiedenen Radiolarien-Arten wohl nur mit Vorgängen der Nahrungsaufnahme oder der Bildung von Schutzvorrichtungen im Zusammenhange stehen kann. Bei den Arten mit eigenen Skelettbildungen wird nur die erstere Möglichkeit in Betracht zu ziehen sein, während wir bei den skelettlosen Phaeodiniden vielleicht beide Gründe zur Erklärung der Erscheinung heranziehen müssen.

D. Systematische Stellung der Dictyochiden.

Im Anfange meiner Untersuchungen war ich, wie schon erwähnt, von der Ansicht ausgegangen, dass die Dictyochiden kleine Radiolarien seien, und in der That, wenn man sich allein auf die Betrachtung des Skelettes dieser kleinen Organismen beschränkt, wird man wohl nicht leicht anders urtheilen können. Unterzieht man jedoch den Weichkörper einer genaueren Untersuchung, so stellt sich heraus, dass derselbe bei den Dictyochiden so abweichend von dem der Radiolarien gebaut ist, dass man allein schon aus diesem Grunde sie unmöglich der genannten Thiergruppe einreihen kann.

Schon der Besitz eines besonderen Lokomotionsorgans, einer schwingenden Geißel, wie sie bei den Radiolarien nicht vorkommt, in noch höherem Grade aber das Fehlen der Pseudopodien, macht eine Trennung der Dictyochiden von diesen Thierformen zur Nothwendigkeit.

¹ Zuweilen findet man nämlich auch im Calymma derselben die Gehäuse verschiedener Dictyochidenspecies. cf. Challenger-Report, p. 4562 (*Dictyocha stapedia*).

Auf der anderen Seite dagegen stellen diese Eigenschaften die Dictyochiden einer kaum minder mannigfaltigen Thiergruppe, den Flagellaten sehr nahe, mit denen sie auch in anderer Beziehung noch weitgehende Übereinstimmungen erkennen lassen.

Im Allgemeinen besitzen nämlich diese Formen einen bläschenförmigen Nucleus, welcher eine deutliche Kernmembran aufweist, »in deren hellem Inhalt sich ein mehr oder minder ansehnlicher, dunkler kugliger Nucleolus findet. Eine besondere Struktur verräth dieser Nucleolus fast nie«¹. »Gewöhnlich zeigt die helle Kernsaftzone der erwähnten bläschenförmigen Nuclei auch bei Behandlung mit Reagentien nichts von feineren Strukturverhältnissen. Die einzige Ausnahme bildet bis jetzt die *Monas vivipara*«, bei welcher BÜTSCHLI² »den Nucleolus von einer etwas knotigen und wahrscheinlich netzigen Hülle umschlossen sah, von welcher feine Fädchen zur Kernhülle ausstrahlten«.

Der Kern dieser Flagellaten-Art ähnelt nun in hohem Grade in seiner Struktur dem bei *Distephanus speculum* von mir als Centralkörper beschriebenen Gebilde. Auch bei diesem musste ein stark gefärbter Chromatinkörper von einer nur sehr schwach tingirbaren vacuolisirten Zone unterschieden werden, die ihn umschließt, und die sich nach außen durch eine zarte Membran abgrenzt, so dass auch in diesem Punkte ein tief einschneidender Unterschied zwischen den Flagellaten einerseits und den Dictyochiden andererseits, sich nicht als bestehend erweist.

Wenn gleich die Fortpflanzungserscheinungen bei den Dictyochiden nicht genauer bekannt sind, so hat es doch den Anschein, als ob auch in Bezug auf die Vermehrungsvorgänge diese Organismen sich viel enger an die Flagellaten, als an die Radiolarien anschließen.

Hierfür spricht vor allen Dingen das Vorkommen der Doppelindividuen, die ich, wie oben bereits näher ausgeführt wurde, für zwei in Conjugation befindliche Individuen halte.

Während nämlich ein derartiger geschlechtlicher Akt bei den Radiolarien bisher nicht mit Sicherheit beobachtet wurde, konnte man bei Flagellaten häufig solche Vorgänge konstatiren; und ich bin daher geneigt zu glauben, dass gerade wie bei diesen Thieren auch bei den Dictyochiden die Conjugation einem Ruhestadium vorangeht, welches bei letzteren durch die als Doppelindividuen bezeichneten Gebilde repräsentirt wird.

Endlich komme ich noch einmal auf die merkwürdigen rundlichen Körper zurück, die ich bei drei Exemplaren von *Distephanus speculum*

¹ BRONN, Klassen und Ordnungen des Thierreichs. Bd. I. (BÜTSCHLI) Protozoa. p. 740.

² Ebendasselbst. p. 741. Taf. XL, Fig. 48 c.

im Weichkörper vorfand, und die, sowohl in ihrer Gestalt, als auch in ihrer Struktur eine ganz auffallende Ähnlichkeit mit den von STEIN¹ bei verschiedenen Flagellaten beobachteten und als Keimkugeln resp. Keimsäcke bezeichneten Gebilden aufweisen. Die Entstehung derselben wird nach STEIN's Angaben² durch Conjugation und damit verbundene Vergrößerung des Nucleus, der sich in eine große ovale Keimkugel verwandelt, eingeleitet. »Häufig zerfällt die Keimkugel, bevor es zur Bildung von Embryonen kommt, durch Theilung in zwei oder mehrere, bis acht, sekundäre Keimkugeln, die sich auf Kosten der Körpersubstanz vergrößern und zuletzt den größten Theil der Leibeshöhle ausfüllen.«

Obgleich, wie aus dem Gesagten hervorgeht, auf der einen Seite sich außerordentlich nahe Beziehungen zwischen den Dictyochiden und den Flagellaten bemerkbar machen, herrschen auf der anderen Seite dagegen Unterschiede zwischen diesen Organismen, die eine Vereinigung der beiden genannten Gruppen unthunlich erscheinen lassen.

Während nämlich bei den Flagellaten die Gehäuse und Schalenbildungen, sofern solche überhaupt vorkommen, »wesentlich aus einer organischen Substanz bestehen«³, begegnen wir bei den Dictyochiden jenen kleinen, weitmaschigen, und aus hohlen Kieselbalken gebildeten Gehäusen, die uns auch durch ihren strahlig symmetrischen Bau so sehr an die Skelette kleiner Radiolarien erinnern, dass wir diese Formen nicht ohne Weiteres jener Thiergruppe einreihen können.

Es erscheint mir daher am zweckmäßigsten, die Dictyochiden zu Vertretern einer besonderen Ordnung der Mastigophoren zu erheben, für welche ich wegen ihrer hauptsächlichsten Eigenthümlichkeit, d. h. wegen ihres Kieselskelettes, die Bezeichnung »Silicoflagellata« in Vorschlag bringen möchte.

Die Familie der Dictyochida ließe sich etwa in folgender Weise charakterisiren: Flagellatenähnliche Organismen, mit einem, aus hohlen Kieselbalken bestehenden, strahlig symmetrischen Gehäuse. Körper ohne äußere Hüllmembran, mit langer, dünner Geißel. Kern (bisher nur bei *Distephanus speculum* beobachtet und untersucht) bläschenförmig, aus centralem Nucleolus und einer, denselben umgebenden vacuolären Rindenschicht bestehend.

Zum Schluss möchte ich hier noch mit einigen Worten auf die von MÖBIUS⁴ im Jahre 1887 unter dem Namen *Dictyocha fornix* beschriebene Form zurückkommen.

¹ STEIN, Der Organismus der Infusionsthiere. III. Abth. 1. Hälfte. Leipzig 1878. Taf. XIX, Fig. 60—64; Taf. XXI, Fig. 1—9; Taf. XXII, Fig. 24—34.

² Ebendasselbst. p. 145.

³ BRONN, Klassen und Ordnungen des Thierreichs. Bd. I. (BÜTSCHLI) Protozoa. p. 693.

⁴ cf. Anm. 2 p. 9.

Nach den Angaben von HENSEN¹ »schwammen die Thiere bei der Untersuchung auf See mit eigenthümlich wankender Bewegung ziemlich lebhaft« und waren »mit einer Schleimhülle umgeben«.

Eigene Beobachtungen, die ich zuerst im März dieses Jahres Gelegenheit hatte, an der genannten Art anzustellen, bestätigten mir meine Ansicht, dass diese kleinen Thierchen ebenfalls nicht zu den Radiolarien zu rechnen seien, sondern dass man auch in ihnen Flagellaten-ähnliche Organismen vor sich habe.

Da die in Rede stehende Form jedoch wegen der Unterschiede in der Gehäusebildung, auf die ich bereits näher hingewiesen habe², den Dictyochiden nicht eingereiht werden darf, so möchte ich, um Irrthümer zu vermeiden, vorschlagen, ihren Gattungsnamen zu ändern, und dieselbe in Zukunft mit dem Namen *Ebria*³ *fofnix* zu bezeichnen.

Während ich anfänglich nur vereinzelte Exemplare dieser Art in meinen Präparaten gefunden hatte, konnte ich im März dieses Jahres in frischem Planktonmaterial zu meiner großen Freude zum ersten Male lebende Individuen von *Ebria fofnix* beobachten, die, zahlreich in dem Fang vorhanden, mir einige nähere Aufschlüsse über den Bau und die systematische Stellung dieses Thieres liefern sollten.

Der Weichkörper von *Ebria fofnix* besteht aus einem farblosen, oder schwach gelblich gefärbten Protoplasmaklumpchen, das zahlreiche kleine, stark lichtbrechende Körnchen einschließt, und in welchem man schon am lebenden Thier den großen bläschenförmigen Nucleus deutlich erkennen kann.

Die lebhaften Schwimmbewegungen, mit denen die kleinen Mastigophoren sich im Wasser umhertummeln, bestehen theils in einer ziemlich ausgiebigen, geradlinigen Fortbewegung, die mit Drehung um die eigene Körperachse verbunden ist, theils in einem eigenthümlichen Hin- und Hertaumeln, bei welchem sich das Thierchen bald links, bald rechts herum, bald um die Querachse seines Körpers, bald um die Längsachse desselben in unregelmäßigen Bewegungen dreht. Unter dem Druck des Deckgläschens resultirt eine einfache Drehbewegung, wie sie MÖBIUS auch bei *Distephanus speculum* beobachtete, die jedoch binnen kurzer Zeit, und zwar meist ganz plötzlich, erlischt. Als Locomotionsorgane konnte ich bei dieser Art zwei lange dünne Geißeln nachweisen, die dicht neben einander an dem einen Körperpole entspringend, die geschilderten complicirten Bewegungserscheinungen hervorrufen.

¹ HENSEN, Über die Bestimmung des Planktons. V. Kommissionsbericht, p. 78.

² cf. Anm. 2 p. 9.

³ So bezeichnet wegen der taumelnden Bewegungen. ebrius = trunken.

Am schwimmenden Thiere sind die Flagellen nicht zu erkennen, da sie sich durch ihre äußerst schnellen Schwingungen der Beobachtung entziehen; selbst beim Absterben des Organismus wird man ihrer nur selten ansichtig. Um dieselben deutlich zur Anschauung zu bringen, wandte ich mit bestem Erfolg Osmiumsäure an.

Übrigens scheint *Ebria fornix* bei Weitem nicht so empfindlich gegen äußere Einflüsse zu sein, wie etwa *Distephanus speculum*, denn noch am dritten Tage nach dem Fange beobachtete ich eine Anzahl lebender Exemplare jener Art.

Nachdem die Gefäße, in denen sich das gefischte Material befand, mehrere Stunden ruhig gestanden, konnte ich *Ebria fornix* in größerer Zahl mittels eines Glasröhrchens an der Oberfläche des Wassers schöpfen. Die Exemplare, die ich am Boden des Gefäßes fand, hatten offenbar durch Verlust ihrer Geißeln die Fähigkeit kräftigerer Bewegung eingebüßt. Ob auch wiederholte Erschütterungen ein Hinabsinken der kleinen Thierchen in tiefere Wasserschichten im Gefolge haben, konnte ich durch das Experiment bisher noch nicht mit Sicherheit feststellen; doch ließ sich konstatiren, dass derartige Reize, die bei *Ceratium tripos* eine Zusammenziehung der langen Geißel bewirkten, ohne Einfluss auf die Bewegung der schwimmenden Individuen blieben, und überhaupt gar nicht percipirt zu werden schienen. Auch auf allmähliche Erwärmung des Wassers reagiren diese kleinen Mastigophoren verhältnismäßig spät; so betrug z. B. die Wassertemperatur in dem einen der Gefäße, in welchem ich am dritten Tage noch vollkommen lebenskräftige Exemplare fing, $+ 17^{\circ}$ C.

Was die systematische Stellung von *Ebria fornix* anbetrifft, so wird man auch wohl diese Art wegen ihres Kieselskelettes zu der Ordnung der Silicoflagellata zu rechnen haben, die alsdann neben den mit einem Flagellum ausgestatteten Dictyochiden noch diese zweigeißelige Form umfassen würde.

Zwar scheinen auch in Bezug auf die Kernverhältnisse Unterschiede zwischen *Distephanus* und *Ebria* zu herrschen, denn Möbius beschreibt bei seiner *Dictyocha fornix* Exemplare mit mehreren Kernen, doch handelt es sich in diesem Falle ja möglicherweise um ähnliche keimkugel- oder keimsackartige Gebilde, wie ich sie auch bei *Distephanus speculum* beobachtete.

Jedenfalls bedarf es vor allen Dingen eingehenderer Untersuchungen über die Vermehrungserscheinungen bei diesen interessanten Thierarten, die ich mir für spätere Veröffentlichungen vorbehalte.

II. Phaeodarienstudien.

Es mag vielleicht befremdend erscheinen, dass die vorliegende Arbeit über ein paar so differente Thiergruppen handelt, wie es die Flagellaten und die Phaeodarien sind; doch findet diese Thatsache ihre Erklärung darin, dass ich, ausgehend von der bisherigen Anschauung, nach welcher die Dictyochiden zu den Radiolarien gehörten, diese Organismen wegen ihres, aus hohlen Balken bestehenden Kieselgehäuses für kleine Phaeodarien hielt, und daher mit in den Kreis der Betrachtung zog.

A. Untersuchungen über den feineren Bau der Nebenöffnungen (Parapylen) in der Centralkapselmembran bei Phaeodarien.

(Hierzu Taf. XXXIII, Fig. 43.)

Beschäftigt mit Untersuchungen über den feineren Bau der Phaeodarien, gelangte ich bezüglich der Nebenöffnungen zu einigen neuen, interessanten Resultaten, die ich nachstehend mittheilen werde.

Das Material zu den vorliegenden Untersuchungen, welches mir Herr Professor BRANDT mit der größten Liebenswürdigkeit aus seinen Privatsammlungen zur Verfügung stellte, entstammte dem Mittelländischen Meer und bestand vornehmlich aus *Aulacantha scolymantha* und einer neuen *Castanidium*-Species, die ich wegen der großen Variabilität ihres Skelettes als *Castanidium variabile* n. sp.¹ bezeichne.

¹ Während bei der vorliegenden *Castanidium*-Species nur die Zahl, Länge und Form der radialen Hauptstacheln, sowie außerdem die Größe des Schalendurchmessers und die Struktur der Schale, in so fern, als die Poren nicht von sechseckigen Rändern umgeben sind, als konstante Artcharaktere anzusehen sind, herrscht in Bezug auf die anderen Merkmale, wie Größe und Gestalt der Poren, Breite der zwischen ihnen liegenden Balken etc. eine bedeutende Variabilität. Da eine scharfe Trennung verschiedener Formen sich jedoch nicht durchführen ließ, vielmehr überall Zwischenformen vorhanden waren, so sah ich mich genöthigt, alle diese Formen unter einem Namen zusammenzufassen.

Die Diagnose dieser Art, die ich als *Castanidium variabile* bezeichnen werde, dürfte folgendermaßen lauten:

Poren ziemlich regelmäßig, kreisrund bis rundlich, in der Nähe des Schalenmundes oft polygonal und unregelmäßig, nicht von sechseckigen Rändern umgeben, nahezu gleich bis ungleich groß, oft von besonderer Größe in der Umgebung des Schalenmundes. Radiale Hauptstacheln (etwa 30) dünn, gerade, mit glatter Oberfläche, vereinzelt auch schwach gekrümmt, etwas länger als der Radius der Kugelschale.

Schalendurchmesser 0,6—0,65 mm. Länge der Hauptstacheln 0,3—0,4 mm. Länge der Nebenstacheln 0,035—0,07 mm.

Porendurchmesser variiert meist zwischen 0,048 und 0,085 mm, doch wurden

Zu meinen Untersuchungen wählte ich hauptsächlich die letztere Art, die sich auch aus verschiedenen Gründen am geeignetsten dazu erwies. Vor allen Dingen ausgezeichnet durch den Besitz einer relativ großen Centralkapsel, deren Durchmesser selten weniger als 0,3 mm beträgt, ermöglichte nämlich diese Form ein genaueres Studium ihres Baues, als die *Aulacanth*, bei denen dasselbe durch die Kleinheit der Verhältnisse¹ nicht unerheblich erschwert wird.

Als Fixierungsmittel war meist Sublimat zur Verwendung gekommen, doch schien es mir, als ob die in einzelnen Fällen benutzte Pikrinschwefelsäure bei den genannten Radiolarien-Arten bessere Dienste geleistet hatte.

Da nur der Gebrauch der Schnittmethode ein genaues Studium der Strukturverhältnisse der Centralkapsel ermöglichen konnte, so wandte ich dieselbe, nachdem sich HERTWIG und BRANDT ihrer bereits bei anderen Radiolarien bedient hatten, auch bei den Phaeodarien an.

Zu diesem Zwecke wurde die Kieselschale von *Castanidium* unter der Präparirlupe mittels feiner Nadeln vorsichtig zertrümmert, und die enucleirten Centralkapseln theils in Seife, theils in Paraffin sorgfältig eingebettet.

Gefärbt wurde Anfangs mit Hämatoxylin oder Boraxkarmin; später wandte ich Doppelfärbungen an, von denen Hämatoxylin und Eosin die schönsten Bilder lieferte. Für die vorliegenden Untersuchungen kam jedoch nur der letztgenannte Farbstoff in Betracht, indem durch die beiden anderen Kernfärbemittel das Endoplasma nicht tingirt wurde; dieser gab dagegen sehr gute Resultate.

Im Interesse der Verständlichkeit des Folgenden dürfte es sich wohl empfehlen, mit einigen Worten auf den allgemeinen Bau der Centralkapsel bei den Phaeodarien einzugehen, durch den sich diese Gruppe so scharf gegen alle anderen Radiolarien abgrenzt.

Besonders auffallend ist das Verhalten, welches die Kapselmembran zeigt, die bei den Phaeodarien aus zwei Häuten, einer dickeren Ectocapsa und einer feineren Endocapsa besteht. Um eine Kommunikation zwischen Endo- und Exoplasma zu ermöglichen, besitzt die Kapselmembran bei dieser Gruppe der Radiolarien mindestens eine, große, sogenannte Hauptöffnung, die den Oralpol der Hauptachse der sphäroidalen Centralkapsel bezeichnet, und von dem Phaeodium, jener

auch oft Poren von 0,04 und 0,06 mm Durchmesser beobachtet. Die Breite der Balken zwischen den Poren variierte an den verschiedenen Exemplaren zwischen 0,005 und 0,012 mm.

¹ Die Centralkapsel bei den Exemplaren von *Aulacantha scolymantha* war durchschnittlich etwa nur halb so groß als die von *Castanidium variabile*.

aus zahlreichen Phaeodellen gebildeten, oft sehr voluminösen Pigmentanhäufung wie von einer Kappe umgeben wird.

Die Hauptöffnung oder Astropyle besteht aus dem kreisrunden Öffnungshof oder Strahlendeckel (*Operculum radiatum*), und dem sich im Mittelpunkt desselben erhebenden Rüssel (*Proboscis*), an dessen äußerem Ende das intracapsulare Protoplasma hervortritt.

Das Endoplasma wird bei den Phaeodarien von einer fein granulierten Sarcode gebildet, die mit zahlreichen Vacuolen durchsetzt ist. Unterhalb der Hauptöffnung zeigt dieselbe eine auffallende Struktur, indem hier einerseits die Vacuolen vollständig fehlen, andererseits die Plasmatheilchen zu zahlreichen muskelähnlichen Fibrillen angeordnet sind, die radiär nach der Öffnung hin zusammenstrahlen. In einzelnen Fällen kann man auch an der ganzen Oberfläche des intracapsularen Protoplasma außerdem noch eine vollständige »fibrilläre Rindenschicht« unterscheiden.

Der Kern endlich, der von dem Endoplasma umhüllt wird, ist eine große, von einer zarten Membran umschlossene Blase, die in ihrer Form ungefähr die Gestalt der Centralkapsel wiederholt, und meist dem aboralen Pole derselben näher gelagert ist als dem oralen.

Bei den meisten Phaeodarien finden sich außer der großen Hauptöffnung noch kleinere, sogenannte Nebenöffnungen oder Parapylen in der Kapselmembran, die gewöhnlich in der Zweizahl vorhanden sind und rechts und links gleich weit entfernt vom aboralen Pole der Hauptachse liegen.

Auch *Castanidium* (wie überhaupt wahrscheinlich die ganze Familie der Castanelliden) gehört zu diesen »tripyleen« Phaeodarien, denn auch diese Gattung besitzt die drei für diese Thiere charakteristischen Öffnungen in der Centralkapselmembran: eine Astropyle und zwei Parapylen.

Die ersten Angaben über den Bau der Kapselöffnungen verdanken wir RICHARD HERTWIG, der im Jahre 1879 in seinem Werke »Der Organismus der Radiolarien« eine ausführliche Beschreibung dieser Gebilde gab.

Ganz analoge Verhältnisse, wie sie HERTWIG bei *Aulosphaera* und *Aulacantha* antraf, beobachtete ich auch bei *Castanidium*, doch bin ich in der Lage, durch einige Angaben über die feinere Struktur der Nebenöffnungen in einzelnen Punkten die von HERTWIG gegebene Beschreibung zu ergänzen.

Wie es bei allen Phaeodarien, bei denen Parapylen vorhanden sind, der Fall zu sein scheint, so setzt sich auch bei *Castanidium* jede Nebenöffnung aus drei wesentlichen Bestandtheilen zusammen, aus dem

Öffnungskegel, dem Öffnungshals und einem nahezu halbkugeligen Gebilde, welches in das intracapsulare Protoplasma in der Weise eingebettet ist, dass die stark gekrümmte Seite desselben der Mitte der Centralkapsel zugewendet liegt, während die andere, nach außen gerichtete Seite den Öffnungskegel trägt. Für dieses eigenthümliche Gebilde möchte ich die Bezeichnung *Bulbus parapylae* in Vorschlag bringen.

Die Nebenöffnungen erscheinen nun zumeist derartig gelagert, dass nur der Öffnungshals und der Öffnungskegel über die Oberfläche der Centralkapsel hervorragen. Seltener findet man sie in einer Vertiefung oder Einschnürung der Kapseloberfläche.

Das Protoplasma, welches den Bulbus umgiebt, zeigt in seiner Struktur eine auffallende Verschiedenheit von dem übrigen Endoplasma. Während nämlich letzteres von zahlreichen großen Vacuolen erfüllt wird, verschwinden dieselben in der Umgebung der Nebenöffnungen, ähnlich wie unterhalb der Hauptöffnung, vollständig, und die Sarcode zeichnet sich an dieser Stelle außerdem noch durch eine deutliche fibrilläre Anordnung ihrer Elemente aus, die als zarte Fasern nach dem Bulbus hin strahlig zusammenlaufen. Letzterer selbst wird von einem schmalen Hofe von hellerem Plasma unmittelbar umgeben.

Der Öffnungskegel stellt eine konische Erhebung dar, die mit ihrem größeren Grundkreise der Oberfläche des Bulbus angehört. Die Spitze des Kegels, die eine kleine kreisförmige Öffnung zum Durchtritt des Endoplasma aufweist, deren Durchmesser meist etwa 0,0025 mm betrug, ragt bei *Castanidium* gewöhnlich ein wenig über den oberen Rand des den Öffnungskegel umgebenden Öffnungshalses empor.

Sehr oft trug ersterer noch einen dünnen röhrenförmigen Aufsatz, der jedoch, zuweilen auch abgebrochen, mir nicht als eine Verlängerung der Membran des Öffnungskegels, sondern nur als ein Ausscheidungsprodukt der an seiner Spitze austretenden Sarcode erschien.

Der Inhalt des Öffnungskegels zeigt eine feine Längsstreifung, die von der Basis desselben nach der Spitze hin verläuft und durch zahlreiche, aber deutlich von einander getrennte, in dieser Richtung verlaufende zarte Fibrillen hervorgerufen wird.

Ob von dieser, durch die Struktur des Plasma bedingten Streifung noch eine andere unterschieden werden muss, die in der Membran des Öffnungskegels ihren Sitz hat, kann ich nicht entscheiden. Wenn wirklich zufällig einmal ein Schnitt den Kegel so getroffen, dass er ein Stück seiner Membran entfernt hatte, so sah man an demselben allerdings sehr deutlich einzelne Streifen von der Spitze nach dem Grundkreis führen, doch kann diese Erscheinung auch sehr wohl von einigen unmittelbar unter der Membran verlaufenden Fibrillen herrühren.

An der Stelle, wo der Öffnungskegel in den Bulbus übergeht, sitzt demselben der Öffnungshals auf, der, von der äußeren Kapselmembran gebildet, bei *Castanidium* einen ähnlichen Bau besitzt, wie ihn HERTWIG bei den Nebenöffnungen von *Aulacantha* und *Aulosphaera* bereits beschrieben hat.

Die Ectocapsa bildet nämlich einen niedrigen, cylindrischen, oder schwach trichterförmigen Aufsatz, der als durchsichtiger Kragen den Öffnungskegel umgiebt.

Was endlich den merkwürdigen Bulbus betrifft — den übrigens HAECKEL als Bestandtheil der Parapylen gar nicht erwähnt — so zeigt dieser in seinem Bau complicirtere Verhältnisse, als HERTWIG glaubte, der denselben nur als eine »homogene Masse« bezeichnet, die »etwa die Form einer Halbkugel besitzt« und die mit ihrer Konvexität »nach dem Inneren der Centralkapsel gewandt, gegen das umgebende Protoplasma scharf abschneidet, als würde sie von einer Membran bedeckt«.

In der That wird, wie HERTWIG ganz richtig vermuthet hatte, der Bulbus von einer Membran umgeben. Dieselbe imponirt als ein zartes Häutchen, und ist allem Anscheine nach eine Einstülpung der inneren Kapselmembran, doch zeigt sie eine andere Struktur als diese.

Zuweilen erkennt man nämlich schon mittels relativ schwacher Vergrößerungen einen, in selteneren Fällen auch zwei oder drei kleine runde, hellere Flecke auf der Bulbusmembran. Da ich dieselben als Öffnungen deutete, so nahm ich Anfangs an, dass die Kommunikation zwischen Endo- und Exoplasma an den Parapylen ausschließlich durch diese wenigen Poren hindurch stattfände, und dass die zahlreichen radiär angeordneten Fibrillen, die von außen an den Bulbus herantreten, muskelähnliche Bildungen seien, die als Retraktoren der Nebenöffnung fungirend, durch ihre Kontraktion zugleich ein stärkeres Ausströmen des intracapsularen Protoplasma bewirken. Bestärkt wurde ich in dieser Ansicht dadurch, dass auch ich, wie HERTWIG es bei *Aulacantha* und *Aulosphaera* beobachtete, bei *Castanidium* die Parapylen mehrfach in flachen Vertiefungen oder gar an nabelförmig eingezogenen Stellen der Centralkapseloberfläche fand. Doch zeigte eine genauere Untersuchung der Bulbusmembran, dass diese Annahme eine irrige war.

Mit Hilfe der WINKEL'schen Ölimmersion $\frac{1}{20}$ konnte ich nämlich erkennen, dass die Membran nicht nur einzelne kleine Poren besitzt, sondern eine zarte Felderung aufweist, die durch zahlreiche runde Öffnungen bedingt wird. Dieselben sind meist ziemlich regelmäßig angeordnet und von nahezu gleicher Größe. Ihr Durchmesser schwankt gewöhnlich zwischen 0,0043 und 0,0025 mm, betrug jedoch in vereinzelten Fällen sogar 0,0038 mm.

Woher es übrigens kommt, dass einzelne Poren sich als solche schon bei Anwendung relativ schwacher Vergrößerungen durch ihre scharfen Kontouren gegenüber den anderen, nur durch schwache Umrisse angedeuteten Öffnungen, kenntlich machen, wage ich nicht zu entscheiden.

Stellt man den Tubus des Mikroskopes genau auf einen Porus ein, so gewahrt man in seinem Lumen einige kleine, stark lichtbrechende Punkte, die offenbar den Eintritt eben so vieler Fibrillen in das Innere des Bulbus anzeigen. Ihre Zahl belief sich bei den kleineren Öffnungen auf 4—3, während die größeren Poren zahlreicheren Fibrillen den Durchtritt gestatteten.

Der Inhalt des Bulbus besteht aus einem homogenen Protoplasma, das jedoch nicht, wie HERTWIG angiebt, Farbstoffen gegenüber eine besondere Imbibitionsfähigkeit zeigt. Die dunklere Färbung, durch welche der Bulbus auffällt, hat ihren Sitz in der ihn umgebenden Membran. War dieselbe zum Theil durch einen Schnitt zufällig entfernt, so dass man durch die entstandene Öffnung in das Innere des Bulbus hineinsehen konnte, so zeigte es sich, dass die ihn erfüllende Sarcode nicht dunkler tingirt war, als das übrige Endoplasma.

Der Durchmesser des Bulbus beträgt bei *Castanidium variabile* 0,040 bis 0,042 mm. Bei einer anderen Phaeodarien-Art, die jedoch nicht näher zu bestimmen war, da ihre Centralkapsel enucleirt unter dem Material gefunden wurde, besaß dieser Theil der Nebenöffnung einen Durchmesser von 0,0188 mm.

In welcher Weise sich die beiden Kapselmembranen an der Bildung der verschiedenen Bestandtheile der Parapyle betheiligen, ließ sich mit Sicherheit allerdings nicht entscheiden, da fast regelmäßig an den Nebenöffnungen die Membranen sich losgelöst hatten. Für den Öffnungshals steht es jedoch wohl zweifellos fest, dass er eine Erhebung der äußeren Kapselmembran darstellt; eben so glaube ich nicht fehl zu gehen, wenn ich mit HAECKEL auch den Öffnungskegel als ein Produkt der *Ecto capsae*, die Bulbusmembran dagegen, wie ich bereits bemerkte, als eine Einstülpung der *Endocapsae* in Anspruch nehme.

Es ist übrigens auffallend, eine wie große Ähnlichkeit die Nebenöffnungen in ihrem Bau mit der Hauptöffnung zeigen, wenn man bei ersteren von dem Öffnungshals und dem Bulbus absieht.

Obgleich HAECKEL das Vorhandensein einer deutlichen radiären Streifung, wie sie sich außer bei dem Operculum radiatum der Hauptöffnung (wie ich für *Castanidium* nachwies) auch bei dem Öffnungskegel der Nebenöffnung vorfindet, nicht bekannt war, macht auch er schon auf die Übereinstimmung in der Struktur aufmerksam, die zwischen

den Kapselöffnungen herrscht. Doch bringt HAECKEL bei diesem Vergleiche die Proboscis der Astropyle mit dem Öffnungskegel der Parapylen in Parallele, und bezeichnet letzteren daher, zusammen mit der röhrenförmigen Verlängerung desselben als Paraboscis.

»It seems,« so sagt er in seinem Challenger-Report¹, »that the paraboscis of the accessory-openings is developed in a way similar to the proboscis of the main-opening, and that the chief difference between the two is indicated by the large radiate operculum of the latter.«

Allein gerade das Operculum radiatum ist es, welches wir bei den Nebenöffnungen in kleinerem Maßstabe zwar, aber in ganz ähnlicher Ausbildung als Öffnungskegel wiederfinden, und welches die Ähnlichkeit zwischen Haupt- und Nebenöffnung am deutlichsten hervortreten lässt.

Sogar auf die äußere Gestalt kann sich die Übereinstimmung zwischen dem Operculum einerseits und dem Öffnungskegel andererseits unter Umständen erstrecken. So hat z. B. die von HERTWIG abgebildete Centralkapsel von *Coelacantha anchorata*² einen vollständig kegelförmigen Öffnungshof, während derselbe bei anderen Phaeodarien-Arten meist wie ein Uhrglas oder eine Brustwarze geformt ist.

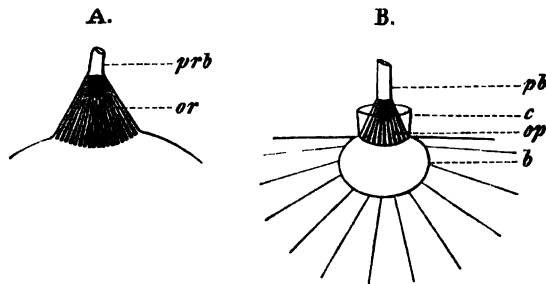


Fig. A. Hauptöffnung (Astropyle) von *Coelacantha anchorata*. Dieser Holzschnitt giebt einen Theil der citirten Figur HERTWIG's wieder (cf. unten Anm. 2). *prb*, Proboscis; *or*, Operculum radiatum.

Fig. B. Nebenöffnung (Parapyle) von *Castanidium variable*, mehr schematisch und stark vergrößert. *pb*, Paraboscis; *op*, Operculum parapylae; *c*, Collare; *b*, Bulbus.

Nach meiner Ansicht ist es daher richtiger, die Proboscis der Hauptöffnung nicht, wie HAECKEL es thut, mit dem Öffnungskegel, sondern mit dem röhrenförmigen Aufsatz desselben zu vergleichen, und nur für letzteren allein die Bezeichnung Paraboscis beizubehalten.

Der Öffnungskegel ist dagegen, wie ich ausführte, dem Operculum radiatum der Hauptöffnung gleichwerthig. Es dürfte daher wohl am besten sein, auch in diesem Falle die äquivalenten Bestandtheile der

¹ Challenger-Report. p. 4529.

² HERTWIG, Organismus der Radiolarien. Taf. X, Fig. 9.

Astropyle und Parapyle mit einander entsprechenden Namen zu belegen, und den Öffnungskegel als Operculum radiatum parapylae, oder einfach als Operculum parapylae, zu bezeichnen. Das Collare und der Bulbus parapylae würden als die beiden übrigen Theile der Nebenöffnung zu nennen sein.

Um die complicirten Verhältnisse etwas anschaulicher zu machen, stelle ich im Nachfolgenden die Bestandtheile der Haupt- und Nebenöffnung in der Weise zusammen, dass ich in der ersten Spalte der kleinen Tabelle die Theile der Astropyle mit den Bezeichnungen, wie sie HAECKEL eingeführt hat, angebe. Die zweite und dritte Kolumne enthalten die Namen für die entsprechenden Bestandtheile der Parapyle; und zwar finden sich in der ersteren wiederum die von HAECKEL angewandten Bezeichnungen, in der letzteren dagegen diejenigen, wie ich sie in Vorschlag bringen möchte.

Theile der Astropyle	Theile der Parapyle	
Proboscis	Paraboscis (Öffnungskegel)	Paraboscis (röhrenförmiger Fortsatz des Öffnungskegels)
Operculum radiatum	—	Operculum parapylae (Öffnungskegel)
—	Collare paraboscidis (Öffnungshals)	Collare (Öffnungshals)
—	—	Bulbus

B. Über eine neue Phaeodarien-Gattung des atlantischen Oceans.

(Hierzu Taf. XXXIII, Fig. 44.)

Am 8. September 1887 fischte Herr Professor CHUN auf einer Reise nach den kanarischen Inseln im atlantischen Ocean, westlich von Oporto ein Exemplar einer Phaeodarien-Art, die, zur Familie der Sagosphaeriden gehörig, sich keinem der bereits bestehenden sieben Genera einreihen ließ und dadurch die Begründung der neuen Gattung *Sagenoarium* nothwendig machte.

Trotz der außerordentlichen Zartheit der Kieselbalken war das Skelett der vorliegenden Art — was übrigens nur sehr selten bei den Sagosphaeriden der Fall zu sein pflegt — bis auf einige abgebrochene Radialstacheln vollständig intakt geblieben, so dass sowohl die complicirte Struktur, als auch die Größenverhältnisse desselben sich deutlich erkennen und feststellen ließen.

Für die neue Species, die unter den bis jetzt bekannten Sagosphaeriden zu den größten Arten gehört, bringe ich den Namen *Sagenoarium Chuni* in Vorschlag.

Sagenoarium Chuni n. sp.

Skelett eine eiförmige, aus zwei Gitterplatten gebildete Kiesel-
schale, deren jede aus zahlreichen, ziemlich regelmäßigen dreieckigen
Maschen gebildet wird. Die innere und zugleich feinmaschigere Gitter-
schale ist mit zeltförmigen Erhebungen bedeckt, deren Spitzen durch
Kieselbalken mit einander verbunden sind, und so* die Knotenpunkte
in der äußeren, mit größeren Maschen ausgestatteten Kieselschale bilden.
Pyramiden regelmäßig und von gleicher Größe; gewöhnlich dreiseitig
in vereinzelteren Fällen jedoch auch vier- oder fünfseitig; ohne inneren
Achsenstab; an der Spitze mit einer, der Seitenzahl entsprechenden
Anzahl von divergenten Radialstacheln versehen. Radialstacheln schlank
und gerade, nahezu eben so lang wie die Seiten der Pyramiden; mit
einem Quirl von meist drei, seltener zwei oder vier Terminalästen;
unterhalb dieses Quirls ein zweiter, gewöhnlich aus vier kreuzförmig
gestellten Lateralästen bestehend. End- und Seitenäste an ihrem
äußeren Ende gespalten und jederseits in zwei kleine, rückwärts ge-
krümmte Zähnnchen auslaufend.

Größenverhältnisse:

Längsachse der Gitterschale: 5 mm.

Querachse derselben (an der breitesten Stelle gemessen):
2,75 mm.

Seitenlänge der äußeren Gitterschalen-Maschen: 0,23—0,3 mm.

Seitenlänge der inneren Gitterschalen-Maschen: 0,16—0,2 mm.

Breite der Kieselbalken: 0,002 mm.

Fundort:

Atlantischer Ocean 44° 2' N. Br.

44° 30' W. Gr.

Das Exemplar fand sich in einem offenen Netz, das aus einer Tiefe
von 1000 m senkrecht heraufgezogen wurde.

Sagenoarium n. g.

σαγήνη = Netz; *ῥάγιον* = dem. v. *ῥόν*, das Ei.

Das neue Genus, das sich aus der Gattung *Sagoscena* dadurch her-
leitet, dass die Spitzen der pyramidalen Erhebungen der Gitterschale
durch Kieselbalken mit einander verbunden sind, lässt sich etwa folgen-
dermaßen charakterisieren:

Sagospaerida mit einem, aus zarten Kieselbalken gebildeten,
länglich runden Skelett, bei welchem man eine kleinere innere und
eine etwas größere äußere Gitterschale unterscheiden kann. Beide
Schalen, die aus ziemlich regelmäßigen dreieckigen Maschen bestehen,

sind durch zahlreiche pyramidale oder zeltförmige Erhebungen mit einander verbunden, deren Grundflächen der inneren Gitterschale angehören, während die Spitzen der Pyramiden die Knotenpunkte der Maschen darstellen, welche die äußere Schale zusammensetzen. Pyramiden ohne inneren Achsenstab; mit terminalen Radialstacheln an ihrem Gipfel.

Da die Einreihung des neuen Genus einige Änderungen in der von HAECKEL gegebenen analytischen Tabelle der Sagosphaeriden-Gattungen nothwendig macht, so bringe ich im Nachstehenden diese Bestimmungstabelle, so weit sie durch die Abänderungen betroffen wird, unter Hinzufügung derselben zum Abdruck.

Familie der Sagosphaerida.

I. Subfamilie: Sagenida.	{	Gitterschale von rein kugelig oder länglich runder Gestalt. Nicht spongiös; aus regelmäßigen oder subregulären dreieckigen Maschen bestehend. Mit oder ohne pyramidale Erhebungen, deren Spitzen wiederum durch Kieselbalken mit einander verbunden sein können, so dass eine doppelte Gitterplatte entsteht.	{	Oberfläche der kugeligen Gitterschale ohne pyramidale oder zeltförmige Erhebungen.	{	Gitterschale glatt, ohne Radialstacheln . . . <i>Sagena</i> . Radialstacheln in den Knotenpunkten des Gitters <i>Sagosphaera</i> .
				Oberfläche der kugeligen Gitterschale bedeckt mit pyramidalen oder zeltförmigen Erhebungen.		Pyramiden ohne inneren Achsenstab . . . <i>Sagoscena</i> . Pyramiden mit einem inneren Achsenstab . . . <i>Sagenoscena</i> .
				Oberfläche der länglich runden Gitterschale mit pyramidalen Erhebungen bedeckt, deren Gipfel mit einander verbunden sind. Gitterschale daher doppelt.		Pyramiden ohne inneren Achsenstab . . . <i>Sagenoarium</i> .

Nachschrift.

Nach Abschluss der vorliegenden Untersuchungen über die Dictyochiden fand ich im Anhang der nunmehr vollendet vorliegenden dritten Abtheilung der Protozoen in »BRONN's Klassen und Ordnungen des Thierreichs« eine Anmerkung, die Dictyochiden betreffend, in welcher BÜRSCHLI¹ wie folgt schreibt: »Hinsichtlich der HERTWIG'schen Deutung der Dictyochen und Verwandten als Skelettgebilde, welche die Gallerte gewisser Phaeodarien in großer Zahl bedecken, kann ich gewisse Zweifel nicht unerwähnt lassen. Ich fand nämlich (1885) im Auftrieb der Kieler Bucht mehrfach einzelne solche Gebilde, welche von einem blassen Inhalt erfüllt waren, der einen deutlichen, gut färbbaren Kern

¹ BRONN, Klassen und Ordnungen des Thierreichs. Bd. I. Protozoa (BÜRSCHLI). III. Abth. Leipzig 1887—89. Anhang: Kurze Übersicht des Systems der Radiolaria. Anm. p. 1997.

enthält. Dies stimmt mit Möbius' Befunden (1887) gut überein, welcher sowohl von *Dictyocha speculum* Ehrb. wie von *D. fornix* Mb. einzelne mit gelblichkörnigem Plasma erfüllte und bewegliche Skelettgebilde beobachtete. Bei der letzteren Art beobachtete er mehrere Kerne im Plasma. Ich muss bei dieser Gelegenheit auch auf die große Ähnlichkeit der Skelettgebilde von *Dictyocha* und *Distephanus* mit gewissen Tympaniden HAECKEL's hinweisen.

Wenn auch die hier nur kurz berührten Punkte bereits weiter oben ausführlicher behandelt worden sind, so wollte ich es dennoch nicht unterlassen, die Angaben BÜTSCHLI's zu erwähnen; und ich that dies um so lieber, als dieselben der Hauptsache nach mit meinen Ausführungen im Einklang stehen.

Was die »Ähnlichkeit der Skelettgebilde von *Dictyocha* und *Distephanus* mit gewissen Tympaniden HAECKEL's« betrifft, so ist dieselbe in einzelnen Fällen in der That eine ganz außerordentlich große, doch werden wir erst an der Hand eingehenderer Kenntnisse über den Bau des Weichkörpers bei letzteren, der Frage näher treten können, ob hier nur eine Ähnlichkeit der Skelettbildungen — auf die übrigens auch schon HAECKEL¹ bei der Gattung *Dystympanium* hinweist — vorliegt, oder ob es sich bei den genannten Organismen um nähere, verwandtschaftliche Beziehungen handelt.

Hamburg, im August 1890.

Litteraturverzeichnis.

1. BRAUND, Über die morphologische und physiologische Bedeutung des Chlorophylls bei Thieren. in: Mittheilungen aus der Zool. Station zu Neapel. Bd. IV., Leipzig 1883.
2. BÜTSCHLI, Protozoa. in: BRONN's Klassen und Ordnungen des Thierreichs. Bd. I. Leipzig und Heidelberg 1883—1887.
3. ——— Beiträge zur Kenntnis der Radiolarienskelette, insbesondere der der Cyrtida. in: Zeitschr. f. w. Zool. Bd. XXXVII.

1. HAECKEL, Report on the Radiolaria. 1887. p. 989. »These curious forms exhibit a remarkable resemblance to some Monocyrtida; and also to the *Dictyocha* (Phaeodaria).«

Sehr auffallend ist z. B. die Ähnlichkeit der Skelettbildungen mit Dictyochiden-gehäusen bei folgenden Tympaniden-Arten: *Pseudocubus hexapylus*, *Dystympanium dictyocha*, *Circotympanum octogenium* (cf. Report on the Radiolaria. Taf. XCV, Fig. 42, 45 und 47).

4. CHUN, Die pelagische Thierwelt in größeren Meerestiefen und ihre Beziehungen zu der Oberflächenfauna. Kassel 1887.
5. EHRENBURG, Über die Bildung der Kreidefelsen und des Kreidemergels durch unsichtbare Organismen. in: Abhandl. d. königl. preuß. Akad. der Wiss. zu Berlin aus dem Jahre 1838.
6. — Über noch jetzt lebende Thierarten der Kreidebildung und den Organismus der Polythalamien. in: Abhandl. der Berliner Akademie aus dem Jahre 1839.
7. — Verschiedene kleinere Mittheilungen in den Monatsber. der Berliner Akademie aus den Jahren 1844, 1854, 1855, 1856.
8. — Mikrogeologie. Das Erden und Felsen schaffende Wirken des unsichtbar kleinen selbständigen Lebens auf der Erde. Leipzig 1854.
9. — Mikrogeologische Studien über das kleinste Leben der Meeres-Tiefgründe aller Zonen und dessen geologischen Einfluss. in: Abhandl. der Berliner Akademie 1872. Berlin 1873.
10. HAECKEL, Monographie der Radiolarien. Berlin 1862.
11. — Report on the Radiolaria collected by H. M. S. Challenger during the years 1873—1876. Zoology. Vol. XVIII. 1887.
12. — Die Phaeodarien oder Cannopyleen Radiolarien. IV. Theil der Monographie der Radiolarien. Berlin 1888.
13. — Die Physemarien (Haliphysema und Gastrophysema), Gastracaden der Gegenwart. in: Jenaische Zeitschr. für Naturwissensch. XI. Bd. IV. Bd. Jena 1877.
14. — Report on the Deep-Sea Keratosa collected by H. M. S. Challenger. Zoology. Vol. XXXII. 1889.
15. HENSEN, Über die Bestimmung des Planktons oder des im Meere treibenden Materials an Pflanzen und Thieren. in: Fünfter Bericht der Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere in Kiel. Berlin 1887.
16. R. HERTWIG, Der Organismus der Radiolarien. Jena 1879.
17. MÖBIUS, Systematische Darstellung der Thiere des Plankton, gewonnen in der westlichen Ostsee und auf einer Fahrt von Kiel in den atlantischen Ocean. in: Fünfter Bericht der Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere in Kiel. Berlin 1887.
18. — Bruchstücke einer Rhizopodenfauna der Kieler Bucht. in: Abhandlungen der königl. preuß. Akademie der Wissensch. zu Berlin vom Jahre 1888. Berlin 1889.
19. JOH. MÜLLER, Über die im Hafen von Messina beobachteten Polycystinen. in: Monatsber. der Berliner Akademie. 1855.
20. STEIN, Der Organismus der Infusionsthier. III. Abth.: Der Organismus der Flagellaten. 1. Hälfte. Leipzig 1878.
21. STÖHR, Die Radiolarienfauna der Tripoli von Grotte, Provinz Girgenti in Sicilien. in: Palaeontographica 1880. Bd. XXVI. 4. Lfg.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel XXXIII.

Bis auf Fig. 14, die schwächer vergrößert ist, sind sämtliche Figuren bei 1000facher Vergrößerung gezeichnet.

Fig. 1—12. *Distophanus speculum*.

Fig. 1—6. Verschiedene Skelettformen.

Fig. 6. Ein siebenstrahliges Gehäuse, den Verlauf der Luftkanäle zeigend.

Fig. 7. Skelett in Seitenansicht.

Fig. 8. Doppelgehäuse.

Fig. 9. *Distophanus speculum*. Nach dem Leben gezeichnet. (Das hier abgebildete Exemplar ist jedoch offenbar bereits im Absterben begriffen, da bei demselben die Lage der Geißel eine ganz andere ist als bei den schwimmenden Individuen.)

Fig. 10. Ein Individuum dieser Art; nach einem mit Hämatoxylin gefärbten Präparat gezeichnet. Der Nucleus (Centralkörper) erscheint im Lumen der Apicalmasche. Die Einschlüsse des Körperplasma (Chromatophoren?) sind bei dieser Figur, wie bei den beiden folgenden, der Deutlichkeit halber fortgelassen.

Fig. 11. Individuum mit acht keimkugelartigen Gebilden. Nach einem Hämatoxylinpräparat.

Fig. 12. Ein anderes Exemplar, fünf keimsackähnliche Körper enthaltend. Nach einem Hämatoxylinpräparat.

Fig. 13. *Castanidium variabile*. Nebenöffnung.

Fig. 14. *Sagenoarium Chuni*. Ein Stück der doppelten Gitterschale. Auf der inneren Schale sieht man drei vollständige dreiseitige Pyramiden sich erheben. Ihre Spitzen sind durch Kieselbalken mit einander verbunden, die in ihrer Gesamtheit die äußere Gitterschale bilden. In den Knotenpunkten der letzteren stehen als Verlängerungen der Pyramidenseiten die Radialstacheln.

Mit Ausnahme von Fig. 14 sind die Umriss der Figuren mit Hilfe des Abzischen Zeichenapparates hergestellt worden.

Lebenslauf.

Am 18. Januar 1868 wurde ich, ADOLF HERMANN CONSTANT BORGERT zu Hamburg geboren. Ich besuchte in meiner Vaterstadt das Realgymnasium des Johanneums und verließ Ostern 1887 nach bestandenen Maturitäts-Examen diese Schule, um, angeregt durch den naturwissenschaftlichen Unterricht meines verehrten Lehrers, des jetzigen Direktors am naturhistorischen Museum zu Hamburg, Herrn Professor Dr. KRAEPELIN, Naturwissenschaften, speciell Zoologie zu studiren.

Ich bezog zunächst die Universität Jena, und ging Michaelis 1888 nach Kiel, woselbst ich am 12. Juli 1890 das Examen rigorosum bestand.

Vorlesungen hörte ich bei den Herren Professoren und Docenten: BRANDT, DAHL, DEUSSEN, EUCKEN, GÄDECHENS, GLOGAU, HAECKEL, KROHN (†), KÜKEN-THAL, LANG, LEHMANN, PREYER, REINKE, SCHÜTT, STAHL, TÖNNIES.

Allen meinen verehrten Herren Lehrern sage ich hiermit meinen herzlichsten Dank.

Thesen:

- 1) Verletzungen werden nicht vererbt.
- 2) Die sexuelle Fortpflanzung hat das Material an erblichen individuellen Unterschieden zu schaffen, mittels dessen Selektion neue Arten hervorbringt.
- 3) Die Dinoflagellaten haben nähere Beziehungen zu den einzelligen Pflanzen als zu den einzelligen Thieren.

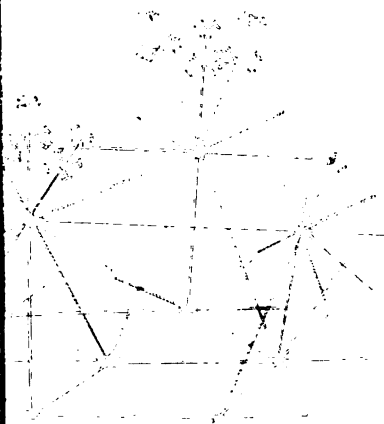
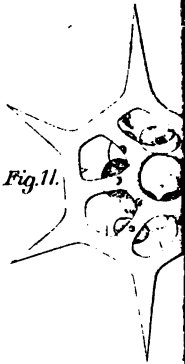
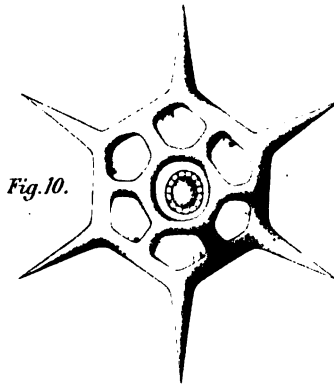
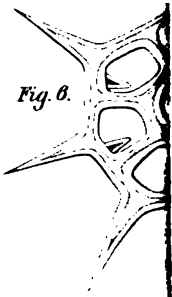
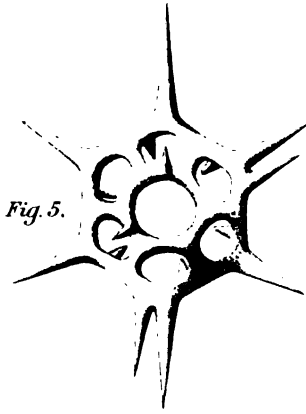
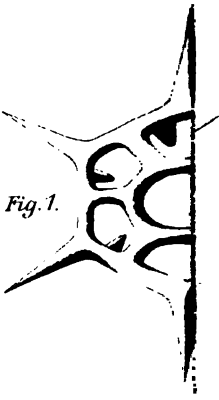
Opponenten,

Herr Dr. phil. C. APSTEIN.

„ „ „ H. LOHMANN.

„ „ „ M. GAENTZENBERG.





rgert, A.
7

Ueberreicht vom Verfasser.

Nicht im Buchhandel.

(2)

**Über
ein paar interessante neue Protozoenformen
aus dem Atlantischen Ozean und Anderes.**

Dritte Mitteilung
über die Tripyleen-Ausbeute der Plankton-Expedition.

Von
A. Borgert (Bonn).

Mit 10 Textfiguren.

Abdruck
aus dem
Archiv für Protistenkunde
begründet von Dr. Fritz Schaudinn.

Herausgegeben von
Dr. M. Hartmann und **Dr. S. von Prowazek**
Berlin. Hamburg.

Neunter Band. 1907.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Zellen-Studien. Von Dr. Theodor Boveri, Professor an der Universität Würzburg. Heft I. Die Bildung der Richtungskörper bei *Ascaris megalocephala* und *Ascaris lumbricoides*. (Aus dem Zoologischen Institut zu München.) 1887. Mit 4 lithographischen Tafeln. Preis: 4 Mark 50 Pf. — Heft II. Die Befruchtung und Teilung des Eies von *Ascaris megalocephala*. (Aus dem Zoologischen Institut zu München.) 1888. Mit 5 lithographischen Tafeln. Preis: 7 Mark 50 Pf. — Heft III. Ueber das Verhalten der chromatischen Kernsubstanz bei der Bildung der Richtungskörper und bei der Befruchtung 1890. Mit 3 lithographierten Tafeln. Preis: 4 Mark. — Heft IV. Ueber die Natur der Centrosomen. 1901. Mit 8 lithographischen Tafeln und 3 Textfiguren. Preis: 15 Mark. — Heft V. Ueber die Abhängigkeit der Kerngröße und Zellenzahl der Seeigel-Larven von der Chromosomenzahl der Ausgangszellen. Preis: 4 Mark.

Die blutsaugenden Dipteren. Leitfaden zur allgemeinen Orientierung, mit besonderer Berücksichtigung der in den deutschen Kolonien lebenden Krankheitsüberträger. Von Dr. Karl Grünberg, Assistent am zoologischen Museum zu Berlin. Mit 127 Abbildungen im Text. Preis: 4 Mark 50 Pf.

Allgemeine Biologie. Von Professor Dr. Oskar Hertwig, Geh. Rat, Direktor des II. anatomischen Instituts für Entwicklungsgeschichte in Berlin. Zweite umgearbeitete Auflage des Werkes „Die Zelle und die Gewebe“. Mit 371 Abbildungen im Text. Preis: brosch. 15 Mark, geb. 17 Mark.

Lehrbuch der Zoologie. Von Dr. Richard Hertwig, o. ö. Professor der Zoologie und vergleichenden Anatomie an der Universität München. Mit 588 Abbildungen. Achte Auflage. 1907. Preis: 11 Mark 50 Pf., geb. 13 Mark 50 Pf.

Organische Zweckmäßigkeit, Entwicklung und Vererbung vom Standpunkte der Physiologie. Von Dr. Paul Jensen, Prof. an der Universität Breslau. Mit 5 Figuren im Text. Preis: 5 Mark.

Praktikum der Bakteriologie und Protozoologie. Von Dr. Karl Kiskalt, Privatdozent, Oberassistent am hygien. Institut der Universität Berlin und Dr. Max Hartmann, Privatdozent der Zoologie an der Universität und wiss. Hilfsarbeiter am Kgl. Institut für Infektionskrankheiten in Berlin. Mit 89 teils mehrfarbigen Abbildungen im Text. Preis: 4 Mark 50 Pf., geb. 5 Mark 50 Pf.

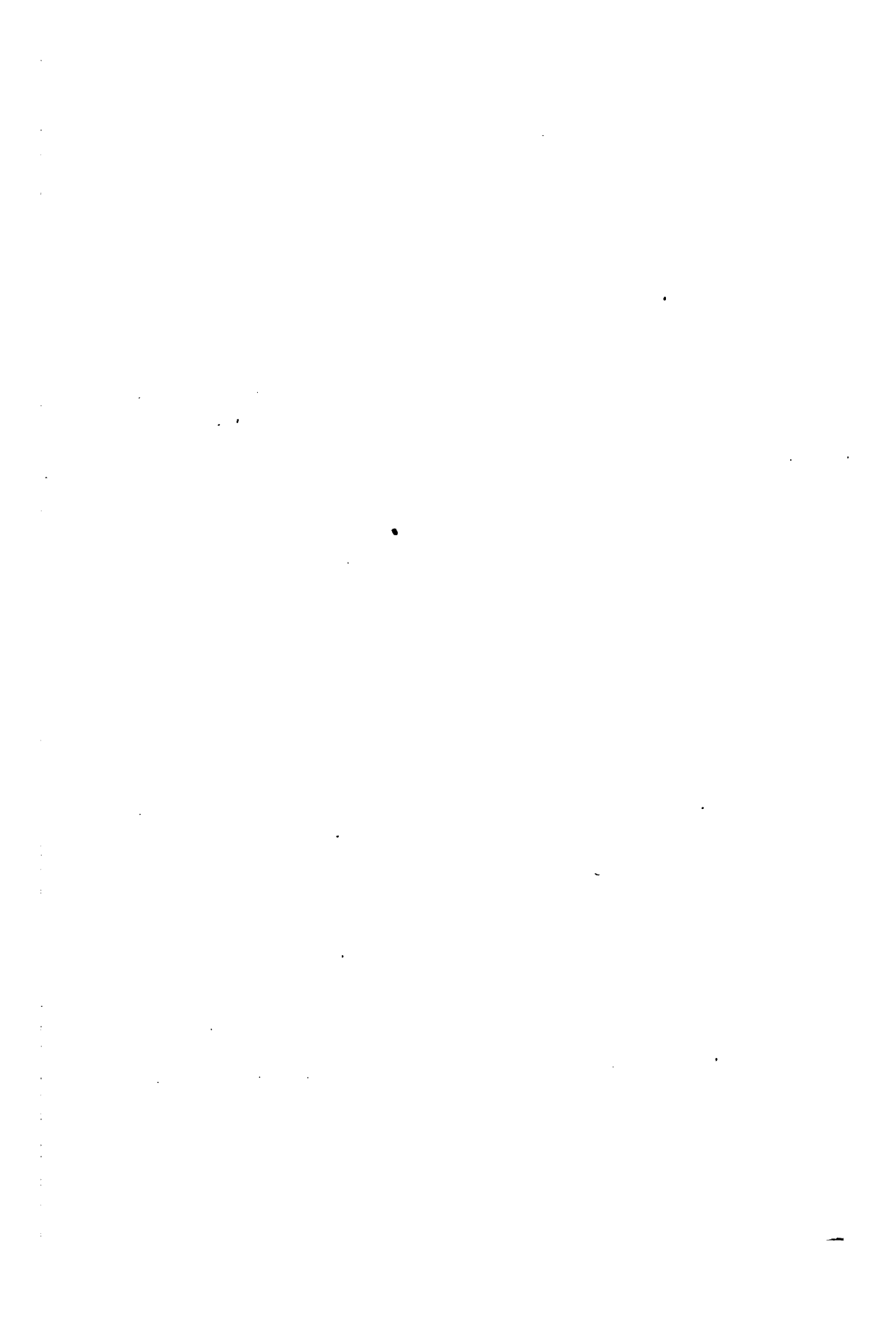
Handatlas der Entwicklungsgeschichte des Menschen. Von Dr. Julius Kollmann, o. ö. Professor der Anatomie an der Universität Basel. — Erster Teil: Progenie, Blastogenie, Adnexa embryonis, Forma externa embryonum, Embryologia ossium, Embryologia musculorum. Mit 340 zum Teil mehrfarbigen Abbildungen und einem kurzgefaßten erläuternden Texte. Zweiter Teil: Embryologia intestinorum, Embryologia cordis et vasorum, Embryologia cerebri et nervorum, Organa sensuum, Nomina auctorum, Index rerum, Index auctorum. Mit 429 zum Teil mehrfarbigen Abbildungen und einem kurzgefaßten erläuternden Texte. Preis des vollständigen Werkes (2 Teile): brosch. 26 Mark, geb. 30 Mark.

Medizinische Klinik Nr. 4. 27. Januar 1907:

Wir haben Tafel für Tafel mit inniger Freude durchgesehen — wahrlich solche Abbildungen sagen uns mehr als seitenlange d--- Worte! — und sehen voll froher Erwartung dem II. Teile entgegen. Wir wünschen dem eigenartigen, groß angelegten Werke weiteste Verbreitung. K Student der Medizin und kein Arzt sollte sich diese Gelegenheit, an H der Anschauung sich Einblick in diese grundlegenden Prozesse r--- schaffen, entgehen lassen.

Die Hymenopteren Mitteleuropas. Nach ihren Gattungen, zum großen Teil auch nach ihren Arten analytisch bearbeitet von Professor Dr. O. Schmiedeknecht.

120 Abbildungen im Text. Preis: 20 Mark.



*Nachdruck verboten.
Übersetzungsrecht vorbehalten.*

Über ein paar interessante neue Protozoenformen aus dem Atlantischen Ozean und Anderes.

Dritte Mitteilung
über die Tripyleen-Ausbeute der Plankton-Expedition.

Von
A. Borgert (Bonn).

(Hierzu 10 Textfiguren.)

Dem liebenswürdigen Entgegenkommen Prof. K. BRANDT's in Kiel, der mir die ursprünglich zu eigener Untersuchung ausersehenen Tierformen zur Bearbeitung überließ, verdanke ich die Möglichkeit, hier über einige neue Protozoenarten aus den Fängen der Plankton-Expedition berichten zu können. Der Umstand, daß ich erst seit kurzem über das interessante Material verfüge, erklärt, warum die im Folgenden behandelten Organismen, die sich in systematischer Hinsicht einer der bereits von mir bearbeiteten Tripyleen-Familien anschließen, dort nicht schon Berücksichtigung fanden.

Wenn hier auch kein ausführlicher Bericht gegeben werden kann, ein solcher vielmehr den „Ergebnissen der Plankton-Expedition“ vorbehalten bleiben muß, so möchte ich doch nicht darauf verzichten, die Aufmerksamkeit auf die in Rede stehenden merkwürdigen Protozoenformen zu lenken, zu einer Zeit, da noch ein reiches, in den verschiedensten Gegenden der Erde gesammeltes Material sich in Bearbeitung befindet. Auch früheren Meeres-Expeditionen werden die zum Teil ansehnlich großen und nicht allzu seltenen Formen schwerlich entgangen sein, sie fanden jedoch keinen Bearbeiter; vielleicht wußte man sie hinsichtlich ihrer Stellung im Systeme nirgends recht unterzubringen.

Die Formen, um die es sich hier handelt, sind auffallend gestaltete, bald mit kurzen dicken Fortsätzen, bald mit langen dünnen Armen ausgestattete Organismen, die an ihrer Oberfläche von einer deutlichen Membran umkleidet, in ihrem Innern einen großen Kern, umgeben von einer mehr oder minder reichlichen Protoplasmamasse, aufweisen. Zu diesen Arten treten andere, die das Aussehen einer einfachen kugeligen oder leicht eiförmigen Blase besitzen, die aber auch noch wieder ein verschiedenes Bild darbieten können.

Bei allen diesen Organismen ist der Protoplasmakörper regelmäßig peripher der Hüllmembran angelagert. Er bezeichnet den oralen Pol des Tieres und bildet hier eine einfach runde oder am Rande in radiäre Strahlen auslaufende Scheibe, die in der verdickten Mitte den großen bläschenförmigen Kern umschließt. Die dünnere Randpartie der Protoplasmamasse läßt meistens eine deutliche Vacuolisierung erkennen. Bei einzelnen dieser Formen geht von dem Protoplasmakörper ein derber Verbindungsstrang durch den Hohlraum der Blase nach einer anderen Stelle der Körperwandung, wo er eine strahlige Teilung erfährt und sich schließlich in ein die Innenfläche der Hülle überspinnendes Maschenwerk von feinen Strängen auflöst. Kieselige Skeletbildungen gelangten nur bei einer Art zur Beobachtung.

So sehr auch die in Rede stehenden Formen auf den ersten Blick von den Tripyleen abweichen, wie sie durch R. HERTWIG's und HAECKEL's Arbeiten bekannt geworden sind, so sicher weist uns eine genauere Untersuchung der neuen Formen auf diese Radiolariengruppe hin. Besonders sind es die durch die Plankton-Expedition zuerst erbeuteten eigentümlichen Atlanticelliden,¹⁾ zu denen die nächsten Beziehungen bestehen.

Wie bei den Atlanticelliden, so handelt es sich auch in dem vorliegenden Falle um Arten mit stark vergrößerter, blasig aufgetriebener und nicht von Skeletbildungen umschlossener Centralkapsel, die auch — von einer Ausnahme abgesehen — an der Stelle, wo der Protoplasmakörper der Membran anliegt, einen kreisförmigen Öffnungshof mit radiärer Streifung aufweist. Diese Bildung ist in denjenigen Fällen, wo der Protoplasmakörper seine normale Lage an der Wandung hat, nicht leicht wahrzunehmen. Sie tritt aber bei Exemplaren, bei denen sich das Protoplasma von der Membran losgelöst hat oder wo es in Zerfall geraten ist, sehr

¹⁾ A. BORGERT: Die tripyleen Radiolarien der Plankton-Expedition. *Atlanticellidae*. In: *Ergebnisse der Plankton-Expedition* Bd. III L. h. 3 1905.

deutlich, namentlich nach Anwendung von Farbstoffen, hervor. Die vom Centrum nach der Peripherie hin an Breite zunehmenden radiären Streifen färben sich kräftig wie die Centralkapselmembran im übrigen, wohingegen die Zwischenräume zwischen den Strahlen hell bleiben. Im Centrum des Öffnungshofes oder Strahlendeckels liegt die Hauptöffnung mit der für dies Gebilde des Tripyleenkörpers charakteristischen Protoplasmastruktur.

Während aber bei den Atlanticelliden die Centralkapsel vier runde buckelartige Vorwölbungen besitzt, die im Viereck die in ihrer Mitte gelegene Hauptöffnung umstehen und so der Blase etwa die Form eines Apfels oder einer Tomatenfrucht geben, sehen wir bei den hier neu zu beschreibenden Arten die Centralkapsel entweder in Gestalt einer einfachen Kugel ausgebildet, oder es sind an derselben Aussackungen in wechselnder Zahl entwickelt, die

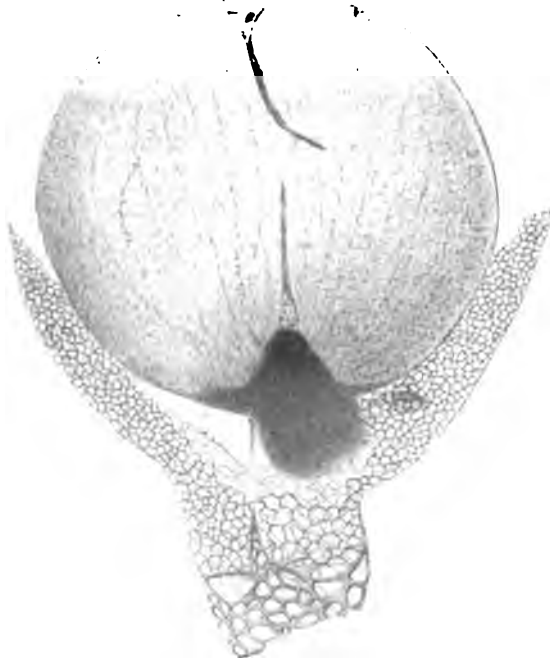


Fig. 1.

Halocella gemma n. g., n. sp. Totalbild (nach einer Zeichnung von Prof. K. BRANDT).
Vergr. Seibert Objektiv I, Okular (periskopisch) 2.

bald als breite taschenartige Ausstülpungen der Membran, bald als dünne hohle armähnliche Fortsätze des Tierkörpers erscheinen.

Daß auch kieselige Skeletbildungen vorhanden sein können, er-

wähnte ich bereits. Diese sind, wie bei *Atlanticella*, dem oralen Pol der Centralkapsel vorgelagert.

In Fig. 1 gebe ich nach einer mir von Herrn Prof. BRANDT gütigst zur Verfügung gestellten Zeichnung die Abbildung einer neuen Art, die sich durch den Besitz eines Kieselskelets auszeichnet. Ich möchte für die neue Gattung, die für diese Form zu begründen ist, den Namen *Halocella* und für die betreffende Species die Bezeichnung *Halocella gemma* in Vorschlag bringen.

Die Centralkapsel ist in diesem Falle kugelig rund. Das Skelet besteht aus einem unregelmäßigen Maschenwerk von Kieselfäden, wie die Abbildung es zeigt, und weicht dadurch ebenfalls nicht unwesentlich von der entsprechenden Bildung bei der Gattung *Atlanticella* ab, wo ein hohler centraler Klöppel entwickelt ist, an dessen Randfortsätzen röhrenartige, mit inneren Scheidewänden versehene Stacheln entspringen. So erinnert es denn mehr an die Skeletbildungen gewisser Cyrtoiden oder Spyroiden unter den Nasselarien. Eine Übereinstimmung mit den Atlanticellen besteht dagegen in dem Vorhandensein einer einzigen oralen Öffnung in der Centralkapselmembran, wie sie sich in ähnlicher Gestaltung bei der Mehrzahl der Tripyleen findet. Auch das Phäodium fehlt als weiterer charakteristischer Bestandteil nicht.

Bei den Formen mit breiten Aussackungen fanden sich dagegen Skeletbildungen nirgends entwickelt. Da in der Zahl und Anordnung der Membranausstülpungen wechselnde Verhältnisse bestehen, so zeigen diese Organismen je nach deren Ausbildung ein ziemlich verschiedenes Aussehen. Ich beschränke mich hier darauf, in Fig. 2 ein dreizipfeliges Tier abzubilden. Fig. 3 zeigt außerdem noch den oralen Strahlendeckel der Hauptöffnung eines anderen Exemplars. Die centrale dunkle Masse wird von den protoplasmatischen Resten der Astropyle gebildet. Die Gattung, zu der ich diese Formen stelle, mag den Namen *Lobocella* führen.

Da ich nicht glaube annehmen zu sollen, daß die verschiedenen Formen alle selbständige Species darstellen, so fasse ich dieselben unter dem gemeinsamen Artnamen *Lobocella proteus* zusammen und unterscheide nach der Zahl der Fortsätze in den einzelnen Fällen durch Zufügung der Bezeichnung: *forma biloba*, *triloba* usw.

Was die Strukturverhältnisse des Weichkörpers betrifft, so möchte ich auf die in der Zeichnung Fig. 2 möglichst genau wiedergegebene Verteilung des Protoplasmas hinweisen. Wir sehen von der aboralen Fläche der scheibenartig abgeflachten Hauptmasse einen dicken Stamm entspringen, der, nach einem anderen Punkt

der Oberfläche gerichtet, sich an der Hüllmembran fontänenartig in einen Kranz feinerer Stränge auflöst. Ein Teil dieser Protoplasmaströme kehrt auf dem nächsten Wege als dicke Adern zum Rande

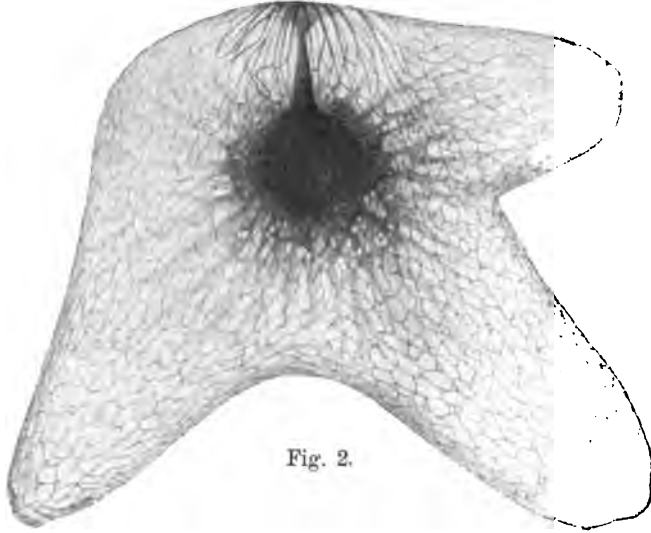


Fig. 2.



Fig. 3.

Fig. 2 u. 3. *Lobocella proteus* n. g., n. sp.

Fig. 2. Dreizipfeliges Exemplar, von der aboralen Seite gesehen. Vergr. 40fach.

Fig. 3. Strahlendeckel eines siebenzipfeligen Individuums. Die Membran stark mit Hämatoxylin gefärbt. In der Mitte ein Rest des protoplasmatischen Teiles der Hauptöffnung. Vergr. 100fach.

der Protoplasmascheibe zurück, die übrigen lösen sich dagegen in ein feines unregelmäßiges Maschenwerk auf, das sich auf der Innenfläche der Hüllmembran ausbreitet und sich schließlich in den radiären sich verzweigenden Ausläufern der Protoplasmascheibe wieder sammelt.

Mit einiger Wahrscheinlichkeit ist wohl anzunehmen, daß die geschilderten Strukturen der Ausdruck einer bei dem lebenden Tiere bestehenden kreisenden Protoplasmaströmung sind, die, von der Hauptmasse ausgehend und wieder zu ihr zurückkehrend, entweder den vorstehend skizzierten Weg nimmt, oder im umgekehrten Verlauf ihren Ursprung in den radiären Ausläufern des Protoplasmakörpers besitzt, aus deren feinen Verästelungen sich der Strom schließlich von allen Seiten her in dem dicken, eine deutliche Längsfaserung zeigenden Hauptstamm auf der aboralen Seite der Protoplasmascheibe wieder vereinigt.

Die ganze Art der Protoplasmaverteilung erinnert stark an das Bild, das sich in dieser Beziehung bei den Cystoflagellaten, *Noctiluca* und *Leptodiscus*, darbietet, bei denen ebenfalls die Hauptmasse des Protoplasmas um den nahe der Körperwand gelegenen Kern konzentriert ist, während sich im übrigen ein peripheres feines Netzwerk von Protoplasmafäden ausgebildet findet. Auch hinsichtlich des Vorhandenseins eines von der Hauptmasse nach der Hüllmembran gehenden dickeren Protoplasmastranges von faseriger Struktur würden Anklänge bestehen. Andererseits gemahnen die Organisationsverhältnisse an das Bild, das sich bei den Arten der Gattung *Pyrocystis* darbietet.

Erwähnt sei übrigens noch, daß in den strahligen Fortsätzen der Protoplasmascheibe bei *Lobocella* meistens deutlich ein hyaliner festerer Achsenfaden zu erkennen war.

Für die dritte Gruppe von Formen ist, wie schon hervorgehoben wurde, die Ausbildung langer horn- oder armartiger Fortsätze charakteristisch. Auch hier unterliegt die Zahl der betreffenden Bildungen dem Wechsel. In Fig. 4 habe ich nach einer von Herrn Prof. BRANDT mit dem Zeichenapparat entworfenen Umrißskizze ein Exemplar mit nur zwei Fortsätzen wiedergegeben. Die von mir selbst untersuchten Stücke hatten alle eine größere Zahl von Armen. Fig. 5 zeigt ein anderes Individuum mit sechs Fortsätzen, die hier jedoch nicht in ihrer vollen Länge zur Darstellung gebracht sind. Die Membran weist eine Unmenge kleiner Falten und Fältchen auf, wie bei fast allen mir vorliegenden konservierten Stücken. In der oberen Hälfte der Figur sieht man den großen runden Strahlendeckel der Hauptöffnung.

Der Weichkörper, der bei dem in Fig. 5 dargestellten Exemplar in Zerfall geraten war und in der Zeichnung fortgelassen ist, zeigt

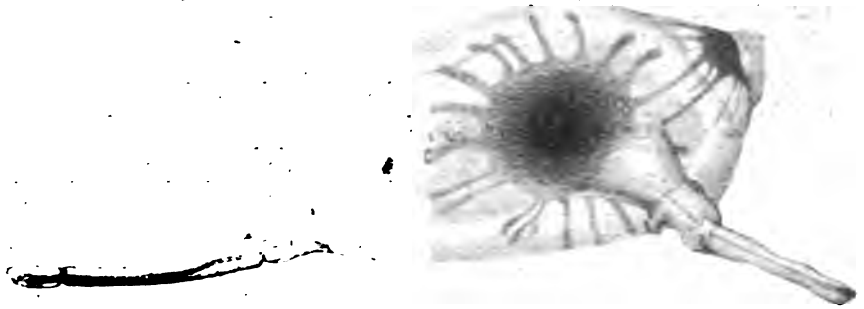


Fig. 4.

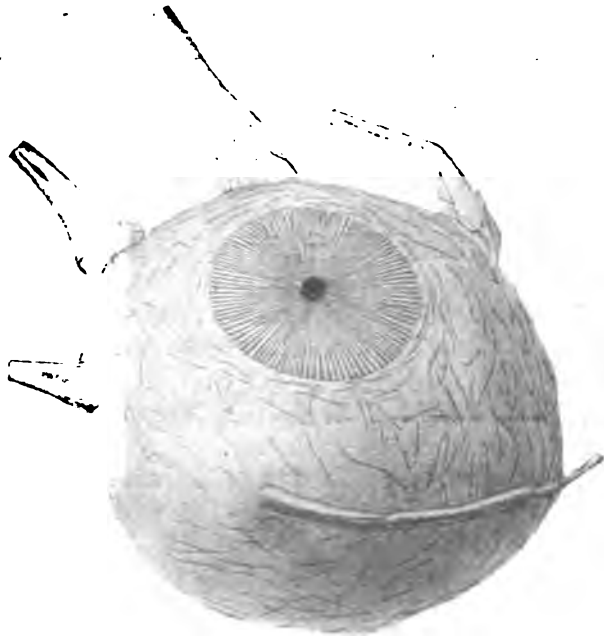


Fig. 5.

Fig. 4 u. 5. *Cornucella maya* n. g., n. sp.

Fig. 4. Zweihörniges Exemplar von der aboralen Seite gesehen (nach einer mit Seibert's Objektiv I gezeichneten Umrißskizze von Prof. K. BRANDT), auf $\frac{1}{2}$ verkleinert.

Fig. 5. Ein Individuum mit sechs Körperforsätzen, unter Fortlassung der in Zerfall geratenen protoplasmatischen Teile gezeichnet. In der oberen Hälfte der Figur der große runde Strahlendeckel. Vergr. 30fach.

im wesentlichen den gleichen Bau wie bei der Gattung *Lobocella*. Wir sehen auch bei diesen Formen einen kräftigen Strang auf der aboralen Seite der in radiäre Strahlen sich fortsetzenden Protoplasmascheibe entwickelt, dessen äußeres Ende an der Membran nach allen Seiten hin dünnere Ausläufer entsendet.¹⁾ Fig. 4 zeigt in der nach rechts weisenden Spitze diese Bildung in unvollständigem Erhaltungszustand.

Ich vereinige die in Rede stehenden Formen in der neuen Gattung *Cornucella*. Hinsichtlich der näheren Benennung verfare ich wie bei dem Genus *Lobocella*. Als einzige Art führe ich die Species *Cornucella maya* auf und unterscheide bei dieser eine *forma bicornis*, *tricornis* usw.²⁾

Wie bei den Gattungen *Halocella* und *Lobocella* ist auch bei dem Genus *Cornucella* nur eine einzige Hauptöffnung oder Astropyle mit radiär gestreiftem Öffnungshof vorhanden, wie dies schon aus Fig. 5 ersichtlich ist.

Zu den ersterwähnten Formen mit kugeliger Centralkapsel kommen nun noch andere hinzu, die, einerseits eines Skelets entbehrend, sich von der Gattung *Halocella* außerdem auch noch durch das Vorhandensein einer größeren Zahl von Öffnungen in der Kapselmembran unterscheiden. In dieser Beziehung bestehen ganz ähnliche Verhältnisse wie bei der Gattung *Nationaletta*,³⁾ und es läge wohl der Gedanke nahe, daß die aufgefundenen Blasen dieser Art nur die isolierten Centralkapseln von *Nationaletta fragilis* oder einer anderen nahe verwandten Form darstellen.

¹⁾ Nach der von *Halocella* vorliegenden BRANDT'schen Abbildung scheint es, daß auch bei dieser Gattung ganz ähnliche Strukturverhältnisse des Weichkörpers bestehen. Die Figur läßt einen von der Wölbung des Protoplasmakörpers nach der gegenüberliegenden Seite der Centralkapsel verlaufenden, bei dem gezeichneten Exemplar zerrissenen Strang und außerdem eine netzartige Felderung der Blasenwandung erkennen, die in diesem Falle jedoch viel feiner als beispielsweise bei *Lobocella* ist.

²⁾ Vereinzelt schien es mir allerdings, als ob „gezipfelte“ Formen durch stärkeres Längenwachstum der Fortsätze in „gehörnte“ übergehen könnten. Auch möge bei dieser Gelegenheit auf die schon in der Bearbeitung der *Atlanticella*-Arten betonte Möglichkeit hingewiesen sein, daß es sich bei den hier neu beschriebenen eigenartigen Protozoen nur um Entwicklungszustände irgend welcher anderen Formen handelt.

³⁾ Vgl. A. BOBBERT: Die triplyleen Radiolarien der Plankton-Expedition. *Medusettidae*. In: Ergebnisse der Plankton-Expedition. Bd. III L. h. 4 1906.

Desgl. V. HAECKER: Über einige große Tiefsee-Radiolarien. Siebente Mitteilung über die Radiolarien der „Valdivia“-Ausbeute. In: Zool. Anz. Bd. XXX Nr. 26 1906.

Dennoch scheinen mir Gründe für die Annahme zu bestehen, daß es sich hier um eine besondere Art oder wahrscheinlicher sogar eine eigene Gattung handelt.

Die in Rede stehenden Organismen bieten das Bild einer kugeligen Blase, die an einer Seite, der Membran angelagert, einen scheibenartigen, am Rande dünn auslaufenden, in der Mitte verdickten Protoplasmakörper aufweist. Das Protoplasma ist vacuolisiert und umschließt einen voluminösen runden Kern, dessen Vorhandensein sich durch eine Vorwölbung des Protoplasmas in das Innere der Kugel schon bei flüchtiger Betrachtung bemerkbar macht. In Fig. 6 habe ich ein Exemplar, vom aboralen Pole gesehen, zur Darstellung gebracht.

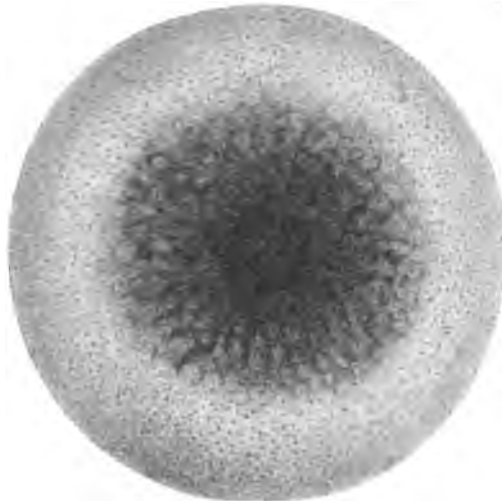


Fig. 6.

Globicella pila n. g., n. sp. vom aboralen Pol gesehen. Vergr. 60fach.

Am Rande der Scheibe sieht man gelegentlich das Protoplasma in feine Stränge auslaufen, die sich in Reihen von Körnchen auflösen. Durch diese erscheint meist die ganze Wandung der Blase unregelmäßig punktiert. Zwischen den kleinen Körnchen gewahrt man vielfach noch größere rundliche Klümpchen, die dann gewöhnlich zu Strängen angeordnet und durch feine Fäden mit einander verbunden sind. In einem Falle sah ich einen vollständig geschlossenen derartigen Ring im Äquator der Kugel ausgebildet. Offenbar handelt es sich auch in diesem Falle um die Teile eines peripheren Protoplasmanetzes.

An der oralen, durch die Protoplasmascheibe gekennzeichneten Seite der Blase finden sich eine größere Anzahl nach dem Astropylen-

typus gebaute Öffnungen, durch die das Kapselinnere mit der Außenwelt kommuniziert. Die breit kegel- oder buckelförmig gestalteten, ein wenig über die Oberfläche hervortretenden Öffnungen sind ziemlich gleichmäßig über die gewölbte Fläche im Gebiete der Protoplasmascheibe verteilt, wie dies aus dem in Fig. 8 abgebildeten Tangentialschnitt durch die orale Partie einer solchen Blase gut ersichtlich ist. Ein medianer Längsschnitt durch den kugeligen Tierkörper ist in Fig. 7 wiedergegeben; auch in diesem Falle sind mehrere Öffnungen durch den Schnitt getroffen. Derselbe läßt ferner erkennen, daß der Hohlraum der Blase über der Protoplasmascheibe keine weiteren Bildungen umschließt; vermutlich ist er bei dem lebenden Tier mit einer Flüssigkeit erfüllt.

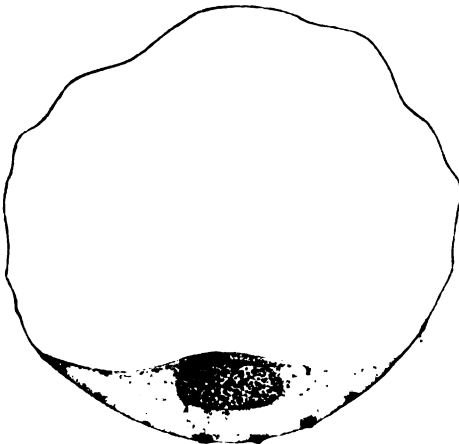


Fig. 7.

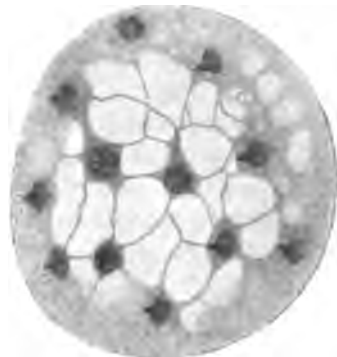


Fig. 8.

Fig. 7 u. 8. *Globicella pila* n. g., n. sp.

Fig. 7. Medianer Längsschnitt, mehrere Öffnungen getroffen. Vergr. 60fach.

Fig. 8. Tangentialer Schnitt vom oralen Pol, mit einer größeren Zahl von Öffnungen. Vergr. 170fach.

Über den Kern kann ich nur soviel sagen, daß er den bei *Atlanticella* und anderen Tripyleen beobachteten Bau zeigt, wie dies auch Fig. 7 zeigt.

Was nun noch die äußere Hülle betrifft, die die Wandung der Blase bildet, so ist die Membran einschichtig.

Zum Unterschied füge ich aus dem Material, das mir Herr Dr. FOWLER freundlichst zur Verfügung stellte, auch einen medianen Längsschnitt durch die Centralkapsel von *Nationaleta fragilis* bei (Fig. 9).

Wie ein Vergleich der beiden bei gleicher Vergrößerung gezeichneten Bilder Fig. 7 u. 9 lehrt, bildet bei *Nationaletta fragilis* der Protoplasmakörper eine viel kompaktere Masse.¹⁾ Dazu kommt, daß die Öffnungen auf eine kleinere, deutlich abgeplattete Fläche beschränkt erscheinen und daß sie selbst wesentlich schwächer entwickelt sind.



Fig. 9.

Nationaletta fragilis [BORGET]. Medianer Längsschnitt durch die Centralkapsel. Vergr. 60fach.

Ein weiterer Unterschied ist der, daß bei *Nationaletta fragilis* die Membran der Centralkapsel zweischichtig ist. Zwar gibt FOWLER an, daß in dieser Beziehung eine Verschiedenheit bestehe, doch fand ich unter den mir gesandten Stücken nur solche mit doppelter Hüllmembran, im wesentlichen dem Totalbilde Fig. 1 in FOWLER's Abhandlung entsprechend, wo die innere Haut zu einem kleineren faltigen Sack zusammengeschrumpft dargestellt ist.

Der Protoplasmakörper erscheint an meinen Schnittpräparaten auch auf der aboralen Seite ziemlich scharf begrenzt. Ein nicht allzu breiter, mit Gerinnsel erfüllter Zwischenraum trennt die Protoplasmamasse von der inneren Membran, an der eine mannigfache Faltung und große bruchsackartige Ausstülpungen auffallen. Nur an der oralen Fläche und eine kurze Strecke an den Seiten des Protoplasmakörpers sind äußere und innere Hülle zu einer einheitlichen Membran verschmolzen, im übrigen sind sie durch einen weiten, von einer homogenen, stark färbbaren Substanz — wohl einer Gallerte — erfüllten Zwischenraum von einander getrennt.²⁾

¹⁾ Vgl. auch die Abbildungen bei FOWLER (Notes on the anatomy of *Gazelletta*. In: Quarterly Journal of Microscopical Science Vol. 48 Part III 1904 p. 485 Fig. 2) und V. HAECKER (Über einige große Tiefsee-Radiolarien. Siebente Mitteilung über die Radiolarien der „Valdivia“-Ausbeute. In: Zool. Anz. Bd. XXX Nr. 26 1906 p. 892 Fig. 15).

²⁾ Wie ich sehe, erwähnt auch FOWLER schon Exemplare, die sich durch „a very thick body-wall“ oder „a thick gelatinous wall“ auszeichneten.

Zwar ist es nicht ausgeschlossen, daß gewisse Besonderheiten der Strukturverhältnisse in dem einen oder anderen Falle auf die vorausgegangene Behandlung des Materials zurückzuführen sind, doch glaube ich nicht annehmen zu sollen, daß der Unterschied der Vorbehandlung für alle bestehenden Abweichungen verantwortlich zu machen ist.

Es kommt auch weiter noch hinzu, daß mir gerade aus demjenigen Planktonzug, der die reichste Ausbeute an den oben beschriebenen kugeligen Blasen lieferte, nicht ein einziges Skelet von *Nationaletta fragilis* vorliegt, ja daß, soweit ich heute übersehen kann, kaum in einem Fang beide Bildungen zusammen gefunden wurden. Allerdings — und das muß betont werden — erhielt ich von den betreffenden Orten auch keine anderen Skeletgebilde, die zu der neuen Form gehören könnten.

Nach allem diesem hat es den Anschein, daß eine bisher nicht beobachtete skeletlose Tripyleenart vorliegt, die einer neuen Gattung zugeteilt werden müßte. Sollte sich diese Annahme durch die Untersuchung weiterer Funde bestätigen, so könnte die neue Gattung vielleicht passend als *Globicella*, die hier beschriebene Art als *Globicella pila* bezeichnet werden. Sollten wir es dagegen — was ich kaum annehmen möchte — dennoch mit isolierten Centralkapseln von *Nationaletta* zu tun haben, so werden auch in diesem Falle die vorstehenden Ausführungen und die genaueren Abbildungen als Ergänzung der früheren Angaben willkommen sein.

Hinsichtlich der Frage nach der systematischen Stellung des neuen Genus kann man wohl kaum darüber im Zweifel sein, daß nähere verwandtschaftliche Beziehungen einerseits zu den Atlantischen bestehen, daß andererseits aber auch gewisse Eigentümlichkeiten — besonders das Vorhandensein zahlreicher Öffnungen — deutlich nach der Richtung der Nationaletten weisen.¹⁾ Ich habe mich über die Beziehungen der letztgenannten Formen zu einander

¹⁾ Es wäre verfrüht und daher müßig, schon jetzt die Frage in dem einen oder anderen Sinne entscheiden zu wollen; hierzu bedarf es, wie aus dem Gesagten hervorgeht, noch der Untersuchung weiteren geeigneten Materials. Jedenfalls aber könnte uns das Vorhandensein mehrerer Öffnungen bei *Globicella* nicht abhalten, die Gattung im System mit den nur eine Hauptöffnung besitzenden Atlantischen, Halocellen usw. zu vereinigen, wie ja auch die Nationaletten und Planktonetten mit ihren vielen Öffnungen — bis jetzt wenigstens — als Angehörige der ebenfalls offenbar in diesem Punkte meistens abweichend organisierten Arten aus der Familie der Medusettiden erscheinen.

schon früher geäußert und werde weiter unten Gelegenheit nehmen, noch einmal auf den Gegenstand zurückzukommen.

Bezüglich der Öffnungen in der Kapselmembran haben die neueren Untersuchungen gezeigt, daß bei den Tripyleen eine weit größere Mannigfaltigkeit besteht, als die älteren Forschungen vermuten ließen. Nicht nur sehen wir die Parapylen hier und da ganz in Wegfall kommen, sondern wir beobachten andererseits auch, wie dieselben gelegentlich ihre typische Lage an der aboralen Seite der Centralkapsel aufgeben und in die Nähe der Hauptöffnung auf die orale Hälfte der Centralkapsel hinübertreten. Ein solches Verhalten glaube ich beispielsweise bei der Gattung *Gazelletta* nachgewiesen zu haben.¹⁾ Fig. 10 zeigt hier die beiden Nebenöffnungen am Rande der oralen Fläche, wo diese sich nach der aboralen Seite umwölbt, an einander

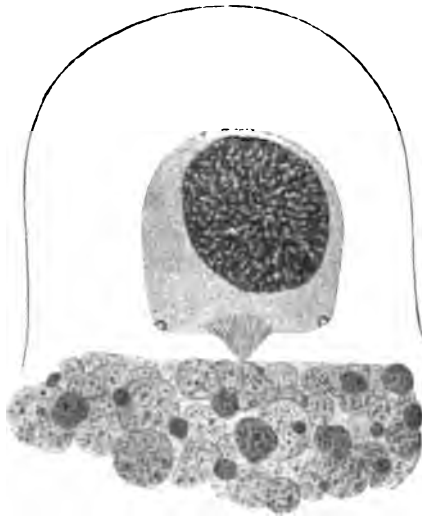


Fig. 10.

Gazelletta sp. Centralkapsel und Phäodium. Die Lage der Schale ist durch eine einfache Linie angedeutet. Vergr. 500fach.

entgegengesetzten Seiten neben der kegelförmigen Hauptöffnung. Allerdings habe ich nur einen derartigen Fall beobachtet, in welchem die Centralkapsel zufällig eine günstige Lage für die Beobachtung hatte. Da aber Vacuolen sonst nicht zu sehen waren

¹⁾ Vgl. A. BORGERT: *Medusettidae* p. 140.

und nur mit diesen eine Verwechslung möglich erschien, so halte ich bei der gleichen Größe und der vollkommen symmetrischen Lage der Bildungen unmittelbar an der Peripherie der Centralkapsel einen Irrtum nicht für wahrscheinlich. Immerhin wäre noch eine Nachprüfung der Frage an Schnittpräparaten, die mir leider wegen Mangels an geeignetem Untersuchungsmaterial nicht möglich war, sehr erwünscht.

Daß ferner eine Verdoppelung der Hauptöffnungen vorkommen kann, wies V. HAECKER¹⁾ an *Challengeria naresi* J. MURRAY nach, bei der zwei symmetrisch gelegene, weit auseinander gerückte Astropylen an der oralen Seite der Centralkapsel entwickelt sind, während die beiden Parapylen ihre Lage an der aboralen Fläche bewahrt haben, aber relativ dicht zusammengelagert erscheinen.

Wesentlich weiter getrieben ist die Vermehrung der Astropylen bei den Gattungen *Planktonetta* und *Nationaletta*, die in dieser Beziehung untereinander ganz ähnliche Verhältnisse zeigen,²⁾ ebenso auch bei dem neuen Genus *Globicella*. Hier ist die orale Fläche der Centralkapsel, soweit (an konservierten Exemplaren) die dichte Protoplasmaansammlung um den Kern reicht, mit zahlreichen Öffnungen besetzt, die den Bau kleiner Astropylen besitzen. Fig. 7 zeigt die Verteilung der Öffnungen an einem medianen Längsschnitt durch eine *Globicella*. In Fig. 8 sind eine Anzahl Öffnungen an einem tangentialen Schnitt vom oralen Pol in der Flächenansicht dargestellt.

Bei keiner der letztgenannten Formen wurden außerdem noch besondere Nebenöffnungen gefunden.

Was die Unterbringung der neuen Gattungen im System der Tripyleen betrifft, so kann ich mich hier wohl im wesentlichen auf das Gesagte beschränken, dagegen veranlassen mich die Ausführungen V. HAECKER's in seiner siebenten Mitteilung über die Radiolarien der „Valdivia“-Ausbeute noch einmal etwas näher auf die Frage nach der systematischen Stellung der Familie der *Atlanticellidae* einzugehen.

V. HAECKER ist der Ansicht, daß es nicht angebracht sei, die

¹⁾ V. HAECKER: Zur Kenntnis der Challengeriden. Vierte Mitteilung über die Tripyleen-Ausbeute der deutschen Tiefsee-Expedition. In: Arch. f. Protistenk. Bd. VII 1906.

²⁾ Vgl. A. BORGERT: *Medusettidae* p. 140 ff. und V. HAECKER: Siebente Mitteilung p. 891 ff.

Atlanticelliden von den Medusettiden abzutrennen,¹⁾ da in den beiden Familien sich eine kontinuierliche Reihe von Arten darbiete, „welche von den kleinen, einfach gebauten, Challengeriden-ähnlichen Formen zu den hochspezialisierten Planktonetten, Nationaletten und Atlanticellen führt“.

Daß nahe Beziehungen zwischen Medusettiden und Atlanticelliden bestehen, ist auch meine Ansicht, und ich habe diese Auffassung schon in meiner Bearbeitung der letztgenannten Familie betont. Ich habe dort nachdrücklich auf die Ähnlichkeit der allgemeinen Organisationsverhältnisse hingewiesen, die die Atlanticellen den Arten der Gattungen *Planktonetta* und *Nationaletta* besonders nahestehend erscheinen lassen.

Dennoch sah ich mich veranlaßt, die Atlanticellen einer besonderen Familie zuzuteilen. Dabei habe ich den Fall in Erwägung gezogen, daß man bei der Trennung vielleicht auch die Scheidung derartig ausführen könnte, daß die Genera *Planktonetta* und *Nationaletta* mit der Gattung *Atlanticella* in der neubegründeten Familie vereinigt würden.

An der Ansicht, daß an dem einen oder anderen Punkte eine Trennung geschehen müsse, hat auch die eingehendere Beschäftigung mit den Medusettiden der Plankton-Expedition, deren Bearbeitung inzwischen erschienen ist, nichts geändert; im Gegenteil, die weiteren Untersuchungen haben mich in meiner Auffassung nur bestärkt.

Werfen wir noch einmal unter Berücksichtigung der neueren Befunde einen Blick auf die Organisationsverhältnisse der beiden einander am nächsten stehenden Genera, nämlich der Gattungen *Nationaletta* und *Atlanticella*, so zeigt sich, daß bei aller Ähnlichkeit die Übereinstimmung offenbar keine so weitgehende ist, wie V. HAECKER anzunehmen scheint.

Bei dem Genus *Nationaletta*, dem sich in diesem Punkte die Gattung *Planktonetta* ganz ähnlich verhält,²⁾ sehen wir die blasig aufgetriebene Centralkapsel mit zahlreichen kleinen Astropylen ausgestattet und ferner als Verstärkung der Membran am oralen Pole

¹⁾ Nebenbei sei hier bemerkt, daß HAECKER in dem Material der Tiefsee-Expedition zwei neue *Atlanticella*-Species fand, die hinsichtlich der Stachelzahl von den Arten des „National“ abweichen. Die Angabe HAECKER's, daß die letzteren acht Stacheln besitzen, ist auf *Atlanticella planktonica* zu beschränken, da *Atlanticella craspedota* deren nur vier besitzt.

²⁾ Die Übereinstimmung in den Organisationsverhältnissen dieser zwei Gattungen und die bestehenden Abweichungen von den übrigen Medusettiden veranlaßten mich, die genannten beiden Genera in einer besonderen Subfamilie (*Planktonettidae*) zu vereinigen.

ein derbes geschichtetes „Diaphragma“ entwickelt. Auf der anderen Seite vermissen wir bei *Atlanticella* dagegen das Diaphragma völlig und finden außerdem statt der vielen zerstreut stehenden Öffnungen nur eine einzige centrale Astropyle mit großem radiär gestreiftem Öffnungshof entwickelt. Und, was außerdem und vor allem das charakteristischste Merkmal aller typischen Medusettiden betrifft: die Kammerung der Stacheln, so weist *Atlanticella* einen Bau dieser Gebilde auf, wie er sich bei keiner Medusettidenart ähnlich wiederfände.

Ohnehin umfaßt schon die Familie der Medusettiden außerordentlich verschieden organisierte Formen; man vergleiche beispielsweise eine der kleinen *Euphysetta*- oder *Medusetta*-Arten mit den großen kompliziert gebauten *Nationaletten* oder *Planktonetten*.

In dem einen Falle: Geringe Größe des Tieres. Die rundliche kleine Centralkapsel, die mit einer einzigen Hauptöffnung versehen ist — ob Nebenöffnungen vorhanden sind, ist noch nicht sicher festgestellt — liegt im aboralen Teil des Schalenhohlraumes, während das Phäodium die orale Hälfte des Skelets erfüllt. Ein Diaphragma fehlt diesen Formen vollkommen. Die Schalenwandung zeigt eine feine Felderung. — Auf der anderen Seite: Wesentlich bedeutendere Größe des Organismus. Die Centralkapsel stellt eine mächtige Blase dar, die bei *Planktonetta* den Schalenhohlraum völlig ausfüllt, bei *Nationaletta* einer äußeren Umhüllung durch die Schale überhaupt entbehrt und deren orale Seite nur durch Kern und Endoplasma eingenommen wird. Statt der einen Astropyle sind zahlreiche kleine Hauptöffnungen entwickelt. Vor der oralen Fläche spannt sich ein derbes faseriges Diaphragma aus. Das Phäodium liegt bei *Planktonetta* außerhalb der Schale, bei *Nationaletta* ist es von dem als kappenförmige Bildung der Centralkapsel angelagerten Skelet umhüllt. Bei *Planktonetta* fehlt auch die Felderung der Schalenwandung, außerdem kommt hier als besondere Bildung noch das „Floß“ hinzu.

Aber so verschieden auch im übrigen Weichkörper und Skelet bei den zu der Familie der Medusettiden gestellten Arten sein mögen, so erscheinen doch diese Formen alle noch durch die besondere Bauart ihrer Schalenfortsätze, der Oralstacheln, wie sie sich unter den Tripyleen sonst nirgends wiederfindet, in nähere Beziehung zu einander gebracht, und es sind, wo sonstige Abweichungen irgendwelcher Art bestehen, doch eventuell Übergänge vorhanden, die diese Formen unter einander verbinden.

Anders steht es aber mit den *Atlanticellen*. Wollten wir diese mit in die Familie einreihen, so würde dies nur mit einem gewissen

Zwang geschehen können, und gerade auf das charakteristischste Merkmal der Medusettiden müßten wir verzichten.

Da wäre es vielleicht noch natürlicher, von den kleinen, einfacher organisierten Medusettidenformen aus, wie sie die Gattungen *Euphysetta* und *Medusetta* aufweisen, die Reihe durch den Anschluß der Challengeriden in dieser Richtung weiter fortzuführen. Jedenfalls wäre nach der letzteren Seite hin ein Übergang mindestens ebenso leicht und einfach zu finden, wie zu den abweichenden Atlanticelliden, mit denen V. HÆCKER diese Formen in einer Familie vereinigt sehen will.

Schon die Form des Skelets ist bei den Euphysetten und manchen Medusetten so ähnlich derjenigen der Challengeriden, daß tatsächlich mehrfach bereits Medusettiden als Challengeriden in der Literatur aufgeführt worden sind. Dazu kommt die Übereinstimmung in der Ausbildung des Weichkörpers, die Ähnlichkeit in Gestalt und Bau der Centralkapsel und ihre Lage im aboralen Teile der Schale, dann die gleiche Aufspeicherung des Phäodiums im oralen Abschnitt des Skelethohlraumes. Die Verschiedenheit in der Schalenstruktur wäre gering, auf jeden Fall viel geringer, als sie unter gewissen Angehörigen der Familie der Medusettiden ist; und, wollte man noch weiter gehen, so könnte man in der Ausbildung von Scheidewänden in dem Stachelhohlraum mancher Challengeriden auch noch Anklänge an die Kammerung der Medusettidenstacheln erblicken.

Natürlich ist es nicht meine Absicht, eine Vereinigung der beiden Familien befürworten zu wollen, denn die Challengeriden bilden in der Tat eine viel zu wohl charakterisierte, in sich abgeschlossene Gruppe unter den Tripyleen, als daß es angezeigt erscheinen könnte, sie mit der einen oder anderen Abteilung zu verschmelzen. Aber ich würde es für ebensowenig richtig halten, die Atlanticelliden mit den Euphysetten und Medusetten in eine und dieselbe Familie zu stellen.

Und nun kommen noch die oben beschriebenen neuen Formen hinzu, die zweifellos mit den Atlanticelliden nahe verwandt und deswegen von mir bei diesen untergebracht, keinerlei Berührungspunkte mit den typischen Vertretern der Medusettidenfamilie zeigen.

Im Hinblick auf diese neuen Gattungen scheint mir, soweit ich nach meinem Material urteilen kann, die von HÆCKER vorgeschlagene Vereinigung der beiden Familien der Atlanticelliden und Medusettiden besonders untunlich. Ich halte es deswegen auch für richtiger, hier weiterhin eine Trennung bestehen zu lassen.

Zum Schluß noch einige Worte über das Genus *Nationaletta*.

Nach V. HAECKER'S Ansicht ist FOWLER'S *Gazelletta fragilis*¹⁾ nicht identisch mit der von mir beschriebenen *Nationaletta fragilis*,²⁾ vielmehr soll die mit dem ersteren Namen belegte Art nach HAECKER mit *Planktonetta atlantica* nahe verwandt und demnach dieser Gattung einzureihen sein. HAECKER weist dabei auf das Vorhandensein des Porenkranzes an der Basis der Schalenwölbung bei FOWLER'S *Gazelletta fragilis* hin, und weiter erwähnt er, daß er in einem Falle auch ein typisches „Floß“ entwickelt fand.

Zu dieser Frage möchte ich bemerken, daß ich in Übereinstimmung mit FOWLER die beiden Species für identisch halte, wie dies auch aus meiner Bearbeitung der Medusettiden ersichtlich ist. Unter dieser Voraussetzung, daß nämlich FOWLER eine schon früher von mir³⁾ aus dem Material der Plankton-Expedition als *Gazelletta fragilis* beschriebene Form vorgelegen habe, gab ich dem neuen Genus nachträglich, als ich mich von der Notwendigkeit einer Trennung überzeugt sah, den Namen *Nationaletta*.

Aus verschiedenen Gründen glaube ich, daß in dem vorliegenden Falle wirklich Identität der Arten besteht. Auch FOWLER sah bei seinen Exemplaren einen Kranz von Poren an der Basis der Schalenwölbung, und demnach würde in dieser Beziehung keine Abweichung, wie HAECKER meint, bestehen.⁴⁾ Dazu kommt, daß ich bei den mir vorliegenden Stücken die Schale stets allein mit Phäodellen angefüllt fand, und daß es mir nie gelang, eine Centralkapsel in dem Hohlraum aufzufinden. Dies brachte mich auf die Vermutung, daß sich bei meinen Exemplaren überall ein Teil des Tieres abgetrennt habe, der diesen wichtigsten Bestandteil des Weichkörpers umschloß, und so schien mir FOWLER'S Beobachtung, daß bei vollständigen Exemplaren eine den Kern umschließende Blase dem Skelet lose angefügt sei, die gesuchte Aufklärung zu bringen. Es müßte auch überraschen, wenn FOWLER'S Art nicht ebenfalls von der Plankton-Expedition erbeutet sein sollte; allerdings wäre es ebenso merkwürdig, wenn —

¹⁾ Vgl. G. H. FOWLER: Notes on the anatomy of *Gazelletta*. In: Quarterly Journal of Microscopical Science Vol. 48 Part III 1904.

²⁾ A. BORGERT: *Medusettidae* p. 160.

³⁾ A. BORGERT: Mitteilungen über die Tripyleen-Ausbeute der Plankton-Expedition. I. Neue *Medusettidae*, *Circoporidae* und *Tuscaroridae*. In: Zool. Jahrb. Bd. 16 Syst. 1902.

⁴⁾ An den mir von Herrn Dr. FOWLER freundlichst zur Verfügung gestellten Exemplaren konnte ich leider diesen Punkt nicht aufklären, da die Gehäuse dicht mit Phäodium erfüllt waren und Einzelheiten des Schalenbaues sich nicht erkennen ließen.

die Zugehörigkeit meiner Exemplare zur Gattung *Nationaletta* vorausgesetzt — sich nicht eine einzige der losgelösten blasenförmigen Centralkapseln in dem Material des „National“ gefunden hätte.

Sollte sich aber wider Erwarten doch herausstellen, daß in diesem Falle zwei Arten aus verschiedenen Gattungen unter einem Namen vereinigt sind, so würden die in meinem Bericht über die Medusettiden der Plankton-Expedition für *Nationaletta fragilis* nach dem Material des „National“ aufgeführten Fundorte einer besonderen, im Atlantischen Ozean weit verbreiteten Species zukommen, die bis auf weiteres die ursprüngliche Bezeichnung *Gazelletta fragilis* weiterzuführen hätte, und nur die nach FOWLER's Bericht mit aufgenommene, dem Golf von Biscaya angehörende Fundstelle hätte auf *Nationaletta fragilis* Bezug.

Verlag von **Gustav Fischer** in Jena.

Handbuch
der
vergleichenden und experimentellen
Entwicklungslehre der Wirbeltiere.

Herausgegeben von

Dr. Oskar Hertwig,

o. ö. Prof., Direktor des anatomisch-biologischen Instituts in Berlin.

Mit 3236 Abbildungen im Text.

Preis des ganzen Werkes: 135 Mark, geb. 150 Mark.

Inhalt:

- Band I.** Teil 1, I. Hälfte: O. Hertwig, Einleitung und allgemeine Literaturübersicht. Waldeyer, Geschlechtszellen. R. Hertwig, Eireife, Befruchtung und Furchungsprozeß. O. Hertwig, Lehre von den Keimblättern. O. Hertwig, Mißbildungen und Mehrfachbildungen. Mit 244 Abbildungen. Preis: 32 Mark, geb. 34,50 Mark.
- Band I.** Teil 1, II. Hälfte und Teil 2: Rückert u. Mollier, Entstehung der Gefäße und des Blutes. Keibel, Äußere Körperform. Schauinsland, Eihäute der Reptilien und Vögel. Strahl, Embryonalzellen der Säger und die Placenta. Mit 886 Abbildungen. Preis: 21 Mark, geb. 23,50 Mark.
- Band II.** Teil 1 und 2: Göppert, Mund, Mundhöhle mit Drüsen und Zunge, Schwimmblase, Lunge und Kehlkopf. Maurer, Darmsystem. W. Krause, Haut und ihre Nebenorgane. Burckhardt, Verknöcherungen des Integuments und der Mundhöhle. Peter, Geruchsorgan und Jacobsonisches Organ. Peter, Äußere Nase und Gaumen. R. Krause, Gehörorgan. Froriep, Auge. Mit 507 Abbildungen. Preis: 23,50 Mark, geb. 26 Mark.
- Band II.** Teil 3: v. Kupffer, Morphogenie des Zentralnervensystems. Ziehen, Morphogenie des Zentralnervensystems der Säugetiere. Neumayer, Histogenese und Morphogenese des peripheren Nervensystems, der Spinalganglien und des Nervus sympathicus. Mit 568 Abbildungen. Preis: 20 Mark, geb. 22,50 Mark.
- Band III.** Teil 1: Maurer, Muskelsystem und elektrische Organe. Felix und Bühler, Harn- und Geschlechtsorgane. Poll, Nebennierensysteme. Mit 509 Abbildungen. Preis: 28,50 Mark, geb. 31 Mark.
- III.** Teil 2 und 3. Flemming, Histogenese der Stützsubstanzen der Binde- substanzgruppe. Hochstetter, Blutgefäßsystem. Braus, Extremitäten und Extremitätsenskelett. Schauinsland, Wirbelsäule nebst Rippen und Brustbein. Gaupp, Kopfskelett. Barfurth, Regenerationen der Wirbeltierembryonen. Keibel, Entwicklungsgrad der Organe in den verschiedenen Stadien der embryonalen Entwicklung. O. Hertwig, Stellung der vergleichenden Entwicklungslehre zur vergleichenden Anatomie, zur Systematik und Deszendenztheorie. Mit 522 Abbildungen. Preis: 34 Mark, geb. 36,50 Mark.

Verlag von **Gustav Fischer** in **Jena**.

Soeben erschienen:

Archiv für Protistenkunde.
Supplement I.

Festband

zum

25jährigen Professoren-Jubiläum

des

Herrn Geheimen Hofrat

Prof. Dr. Richard Hertwig

in

München.

Mit 19 Tafeln und 56 Textfiguren.

Preis: 20 Mark.

Inhaltsübersicht.

- Neresheimer, Eugen: Die Fortpflanzung der Opalinen. (Mit Tafel I—III und 2 Textfiguren.)
- Popoff, Methodi: Depression der Protozoenzelle und der Geschlechtszellen der Metazoen. (Mit Tafel IV und 5 Textfiguren.)
- Goldschmidt, Richard: Lebensgeschichte der Mastigamöben *Mastigella vitrea* n. sp. und *Mastigina setosa* n. sp. (Mit Tafel V—IX und 20 Textfiguren.)
- Wenyon, C. M.: Observations on the Protozoa in the Intestine of Mice. (Mit Tafel X—XII und 1 Textfigur.)
- Kuschakewitsch, Sergius: Beobachtungen über vegetative degenerative und germinative Vorgänge bei den Gregarinen im Mehlwurmdarms. (Mit Tafel XIII—XVI und 12 Textfiguren.)
- Doflein, F.: Studien zur Naturgeschichte der Protozoen. V. Amöbenstudien. (Mit Tafel XVII—XIX und 16 Textfiguren.)

gut
1909

Ueberreicht vom Verfasser.

Nicht im Buchhandel.

③

Über Erscheinungen fettiger Degeneration bei triplyleen Radiolarien.

Ein Beitrag zur Pathologie der Protistenzelle.

Von

A. Borgert (Bonn).

Mit 1 Tafel und 4 Textfiguren.

Abdruck

aus dem

Archiv für Protistenkunde

begründet von Dr. Fritz Schaudinn.

Herausgegeben von

Dr. M. Hartmann und **Dr. S. von Prowazek**
Berlin. Hamburg.

Sechzehnter Band. 1909.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Aus Namaland und Kalahari. Bericht an die Kgl. Preuß. Akademie der Wissenschaft zu Berlin über eine Forschungsreise im westlichen und zentralen Südafrika, ausgeführt in den Jahren 1903—1905. Von Dr. Leonhard Schultze, a. o. Professor der Zoologie an der Universität Jena. Mit 25 Tafeln in Heliogravüre und Lichtdruck, 1 Karte und 286 Abbildungen im Text. Preis: 60 Mark.

Die phylogenetische Entstehung des Kopfes der Wirbeltiere. Vortrag, gehalten gemäß den Bestimmungen der Paul von Ritter-schen Stiftung für phylogenetische Zoologie am 8. Juli 1907. Von Dr. Heinrich Ernst Ziegler, Prof. in Jena. Mit 1 Tafel und 11 Figuren im Text. 1908. Preis: 1 Mark 50 Pf.

Allgemeine Physiologie. Ein Grundriß der Lehre vom Leben. Von Max Verworn, Dr. med. et phil., Prof. der Physiologie und Direktor des physiologischen Instituts der Universität Göttingen. Mit 319 Abbildungen. Fünfte, vollständig neu bearbeitete Auflage. 1908. Preis: 16 Mark, geb. 18 Mark.

Charles Darwin und sein Lebenswerk. Festrede gehalten zu Freiburg i. Br. am 12. Februar 1909. Von August Weismann. Preis: 75 Pf.

Autogamie bei Protisten und ihre Bedeutung für das Befruchtungsproblem. Von Dr. Max Hartmann, Privatdozent an der Universität Berlin. Mit 27 Abbildungen im Text. 1909. Preis: 2 Mark 50 Pf.

Der Kampf um Kernfragen der Entwicklungs- und Vererbungslehre. Von Dr. Oskar Hertwig, o. ö. Professor, Direktor des anatomisch-biologischen Instituts in Berlin. 1908. Preis: 3 Mark.

Experimentelle Studien zur Soma- und Geschlechtsdifferenzierung. Erster Beitrag: Ueber den Zusammenhang primärer und sekundärer Geschlechtsmerkmale bei den Schmetterlingen und den übrigen Gliedertieren. Von Prof. Johannes Meisenheimer. Mit 2 Tafeln und 55 Figuren im Text. 1909. Preis: 6 Mark 50 Pf.

Elemente der exakten Erblchkeitslehre. Deutsche wesentlich erweiterte Ausgabe in fünfundzwanzig Vorlesungen von W. Johannsen, ord. Prof. der Pflanzenphysiologie an der Univ. Kopenhagen. Mit 31 Figuren im Text. 1909. Preis: 9 Mark, geb. 10 Mark.

Histologisches Praktikum der Tiere. Für Studierende und Forscher. Von Dr. Karl Camillo Schneider, a. o. Prof. der Zoologie an der Universität Wien. Mit 434 Abbildungen im Text. 1908. Preis: 15 Mark, geb. 16 Mark.

Zoologische und anthropologische Ergebnisse einer Forschungsreise im westlichen und zentralen Südafrika ausgeführt in den Jahren 1903—1905 mit Unterstützung der Kgl. Preussisch-Akademie der Wissenschaften zu Berlin von Dr. Leonhard Schultze, a. o. Prof. an der Universität Jena. Erster Band: Systematik und Tiergeographie. Erste Lieferung. Mit 10 Tafeln u. 40 Abb. im Text. 1908. Preis: 35 Mk. Zweite Lieferung. Mit 16 Tafeln, 42 Abbildungen und 4 Karten im Text. 1909. Preis: 50 Mark.

Nachdruck verboten.

Übersetzungsrecht vorbehalten.

Über Erscheinungen fettiger Degeneration bei tripyleen Radiolarien.

Ein Beitrag zur Pathologie der Protistenzelle.

Von

A. Borgert (Bonn).

(Mit Tafel I und 4 Textfiguren.)

Bei meinen an *Aulacantha scolymantha* HAECKEL angestellten Untersuchungen über die Fortpflanzung der tripyleen Radiolarien (1900 und 1909) begegneten mir eine Zeitlang gar nicht sehr selten in eigentümlicher Weise veränderte Individuen der genannten Tierart. Die Besonderheit, durch die sich die betreffenden Exemplare auszeichneten, bestand in dem Vorhandensein blasenartiger Bildungen von rundlicher oder ausgesprochen kugeliger Gestalt, deren die Centralkapsel des Radiolars entweder eine oder mehrere umschloß. War zur Fixierung des Materials FLEMMING'sche Flüssigkeit oder ein anderes osmiumhaltiges Gemisch verwendet worden, wie es im Anfang der Untersuchungen fast ausschließlich geschah, so fand man im Innern der erwähnten Blasen zahlreiche, durch die Wirkung der Osmiumsäure gebräunte oder schwarz gefärbte, kleine Kügelchen. Die Einschlüsse der Centralkapsel gaben den betreffenden Stücken ein derartig charakteristisches Aussehen, daß sie bei der Auslese des im übrigen ungefärbten Materials stets das Auge sofort auf sich lenkten.

Einen wesentlich anderen Anblick gewährten dagegen die mit Einschlüssen der erwähnten Art versehenen Aulacanthien, als ich späterhin wegen verschiedener Vorteile, die die Änderung der Fixie-

rungsmethode bot, zur Anwendung eines Gemisches von Sublimatlösung und Eisessig sowie zur Vorfärbung des gesamten Materials in verdünntem Salzsäurekarmin übergang. In diesen Fällen hoben sich die Blasen als solche zwar meist recht deutlich von dem übrigen Inhalt der Centralkapsel ab, es fehlten dann aber in ihrem Innern die Kügelchen.

Schon das Verhalten der letzteren den verschiedenen Reagentien gegenüber, ließ keinen Zweifel darüber bestehen, daß hier eine fettartige Substanz vorliegen müsse.

Wengleich auch bei den mit Eisessigsublimat fixierten Tieren die Veränderungen des Körpers im übrigen noch deutlich genug hervortraten, so daß es ein leichtes war, die mit den erwähnten blasenartigen Bildungen behafteten Individuen unter der Menge der anderen herauszufinden, so wurden doch im Verlaufe der weiteren Untersuchungen nur noch wenige derartige Fälle beobachtet. Offenbar hatte gerade eine Periode reichlicheren Auftretens der blasenartigen Differenzierungen bestanden, die bald nach Beginn der Untersuchungen ihrem Ende entgegenging. Erwähnt sei, daß ich zu der Zeit, da die Funde noch reichlicher waren, auch ein paar lebende *Aulacanth* mit blasenartigen Einschlüssen zu Gesicht bekam. Wegen Mangels an geeignetem Material fehlte mir später die Möglichkeit, die ersten Beobachtungen am frischen Objekt noch zu ergänzen und zu untersuchen, ob sich innerhalb der Zeit, während der sich das Tier am Leben erhalten ließ, weitere Veränderungen irgend welcher Art bemerkbar machen würden.

Anfangs hatte ich vorübergehend wohl geglaubt, daß es sich in unserem Falle um eine besondere, zu der Schwärmerbildung in Beziehung stehende Form der Fortpflanzung, vielleicht auch um die Entstehung einer Art von Dauerzuständen handeln könne. Der Gedanke lag nicht allzu fern. Sobald ich aber zur genaueren Untersuchung, namentlich an Schnittpräparaten, schritt, erkannte ich bald, daß sich diese Annahme nicht aufrecht erhalten ließ.

Die Betrachtung unseres Objektes in toto zeigt je nach der Zahl und der Lage der vorhandenen Blasen ein wechselndes Bild. In Textfig. A habe ich zunächst zum Vergleich die centrale Körperpartie einer *Aulacantha* dargestellt, die keinerlei Veränderungen der erwähnten Art aufweist. Man sieht die Centralkapsel mit dem großen bläschenförmigen Kern in ihrem Innern und einen Teil der die Centralkapsel an der oralen Seite umhüllenden Phäodiummassen. Von den hohlen im Phäodium zusammenlaufenden Radialstacheln sind nur die proximalen Abschnitte dargestellt; die im äußeren Teile

mit kleinen Zähnen besetzten Distalenden sind samt dem Mantel aus feinen Tangentialnadeln sowie den protoplasmatischen Bestandteilen des Extracapsulariums in der Zeichnung fortgelassen

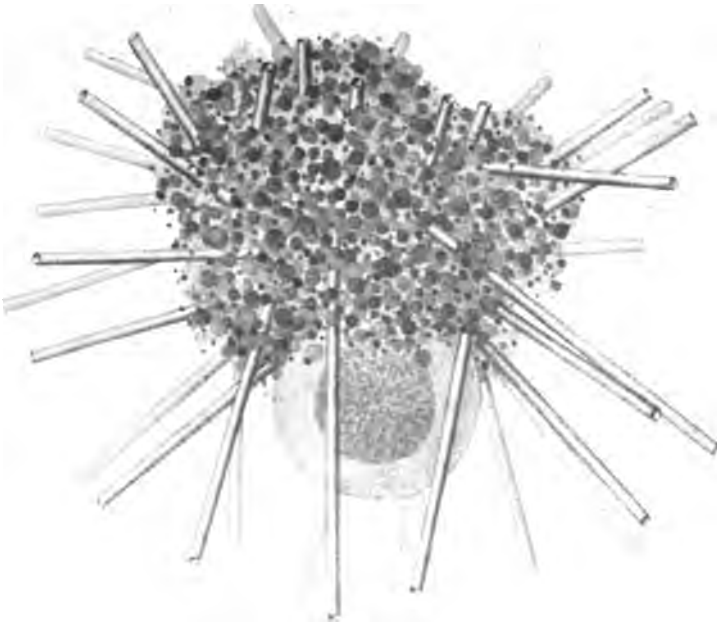


Fig. A.

Strukturverhältnisse bei einem normalen Individuum von *Aulacantha scolymantha*
Centralkapsel mit ruhendem Kern. Vergr. 185 fach.

Die nächste Abbildung, Textfig. B, gibt die entsprechenden Teile des Körpers eines anderen Individuums wieder. In diesem Falle ist eine einzelne große Blase mit Fettkügelchen vorhanden, die central gelegen, die Stelle des Kernes in der Kapsel einnimmt. Eine einzelne etwas kleinere Blase zeigt auch die in Fig. 1, Taf. I wiedergegebene Centralkapsel, bei der von extracapsularen Bestandteilen nur ein Häufchen von Phäodellen mit zur Darstellung gelangte. Bei diesem Tiere liegt die Kugel mit Fetteinschlüssen excentrisch in der aboralen Hälfte der Centralkapsel. Auf das Verhalten des Kernes in diesem und den anderen Fällen werde ich weiter unten, wo ich über das Ergebnis der Untersuchung von Schnittpräparaten berichten werde, zurückkommen.

Von Exemplaren mit mehreren Blasen habe ich in Textfig. C ein solches mit fünf derartigen Gebilden in der Centralkapsel wiedergegeben. Die Blasen sind ziemlich regelmäßig verteilt und man be-

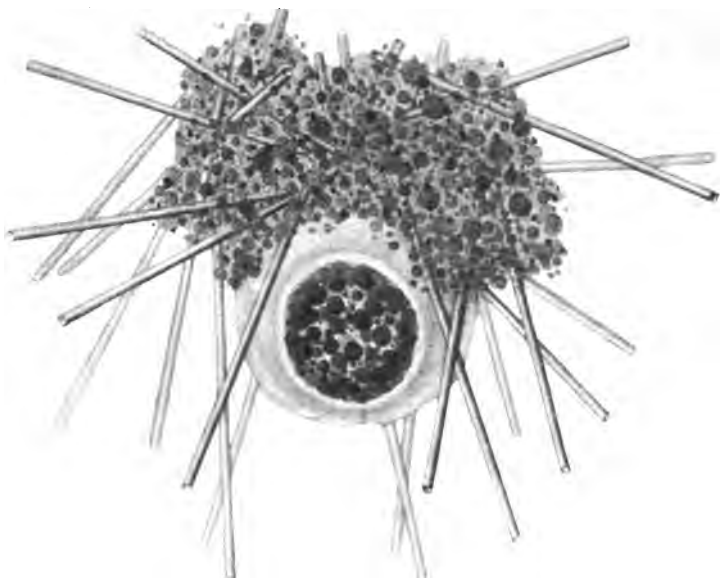


Fig. B.

An Stelle des Kernes eine Blase mit Fettkügelchen. Vergr. 185 fach.

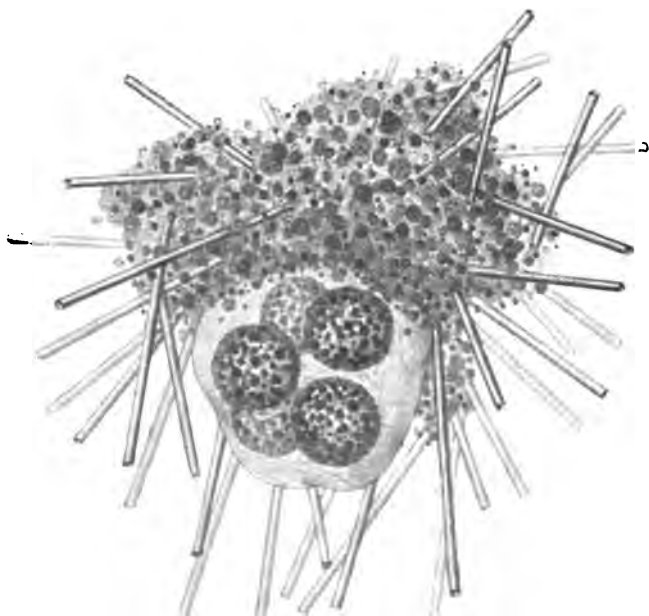


Fig. C.

Centralkapsel mit fünf Blasen. Vergr. 185 fach.

merkt, wie unter ihrem Einfluß die äußere Hülle der Centralkapsel stellenweise buckelartige Vorwölbungen erhalten hat.

Eine noch größere Zahl von Einschlüssen der in Rede stehenden Art läßt die Centralkapsel erkennen, die ich in Textfig. D zur Darstellung gebracht habe. Hier zählt man nicht weniger als zwölf Blasen. Mit der Zunahme ihrer Zahl sehen wir eine Abnahme in der Größe Hand in Hand gehen, andererseits hat aber auch das Wachsen ihrer Menge eine Vergrößerung des Centralkapselumfanges im Gefolge.

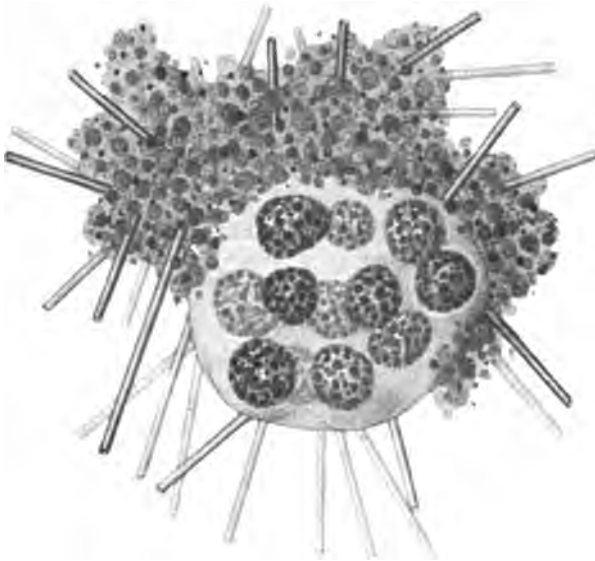


Fig. D.

Zwölf Blasen mit Fettkügelchen im Innern der Centralkapsel. Vergr. 185 fach.

Von anderen Funden solcher Art seien noch die bereits erwähnten lebend beobachteten Aulacanthien erwähnt. In dem einen Falle war eine große centrale Blase vorhanden, das andere Exemplar wies deren zwei auf. Das letztere Stück war dadurch interessant, daß die Veränderungen augenscheinlich an einer in Vorbereitung zur Teilung begriffenen *Aulacantha* eingetreten waren. Die beiden Blasen lagen an der Stelle der beiden nur durch einen schmalen Spalt getrennten, durch direkte Teilung des Mutterkernes entstandenen Tochterkerne und hatten auch die Größe und Gestalt der letzteren. Leider ging mir dies zweite Individuum durch einen unglücklichen Zufall verloren, ehe ich es genauer hatte untersuchen können.

Ich habe mich im vorstehenden auf die Schilderung einiger spezieller Fälle beschränkt und muß noch erwähnen, daß die Menge der Blasen eine durchaus wechselnde ist, daß auch alle möglichen Zwischenzahlen angetroffen werden, sowie daß ich gelegentlich noch weit mehr als zwölf Blasen in einer Centralkapsel beobachtet habe.

Im Hinblick auf die im Innern der Blasen sich findenden Fettkügelchen ist zu bemerken, daß man dieselben in einer einfachen peripheren Schicht angeordnet sieht, die eine Kugelschale nahe der Blasenwandung bildet. Meist liegen die einzelnen Teilchen nicht derartig dicht gedrängt, daß sie sich berühren, sondern sie sind durch Lückenräume voneinander getrennt. Die isolierten Fettkügelchen erscheinen dann infolge einer gewissen Ungleichmäßigkeit der Verteilung nicht selten hier und da zu irregulären Gruppen zusammengelagert.

Das eben Gesagte gilt jedoch in erster Linie für die größeren Blasen. In kleineren Blasen finden sich die Fettkügelchen oft so eng beieinander, daß der innere Hohlraum durch sie auf ein Geringes beschränkt erscheint (Taf. I, Fig. 1) und sie selbst nicht selten durch die gegenseitige Berührung und Abflachung eine unregelmäßige polyedrische Gestalt angenommen haben (Fig. 15). In einem Falle fand ich sogar — allerdings nicht bei einer *Aulacantha*, sondern bei der Centralkapsel einer *Caementellide* ¹⁾ — statt der Blasen mit einzelnen Kügelchen drei einheitliche große Öl- oder Fetttropfen vor, eine auffallend umfangreiche und zwei von ihr getrennt im Endoplasma liegende kleinere Kugeln.

Ein anderes Mal (siehe Fig. 14 auf Taf. I) war die Fettmasse zwar auf eine periphere Schicht im Innern der Blase beschränkt, aber die einzelnen Teilchen waren auch hier so dicht gelagert, daß sie sich gegenseitig abplatteten und eine mehr oder minder zusammenhängende Masse bildeten.

Für gewöhnlich, d. h. in allen den Fällen, wo die einzelnen Fettteilchen eine isolierte Lage haben, sind sie von runder oder ein wenig länglicher Gestalt, seltener besitzen sie eine unregelmäßige, mehr eckige Form; unter solchen Umständen sieht es auch manchmal so aus, als ob sie sich aus mehreren kleineren zusammengeballt hätten. Die Größe der Fettkügelchen ist nicht nur bei den einzelnen Individuen verschieden, auch in derselben Blase liegen größere und

¹⁾ Über diese von mir neu aufgestellte Radiolarienfamilie vgl. Teil II. meiner Untersuchungen über die Fortpflanzung der Tripyleen. Arch. f. Protistenk. Bd. 14 Heft 2, S. 204 ff.

kleinere neben- und durcheinander. Wenn auch oftmals die größeren Blasen gleichzeitig die größeren Fettkügelchen enthalten, so trifft dies doch nicht ausnahmslos zu und nicht selten findet man gerade in kleinen Blasen besonders große Fettkügelchen. Meistens schwankte der Durchmesser der größeren Kügelchen in den einzelnen Blasen zwischen 6 und 10 oder auch zwischen 10 und 15 μ . Die größten bei *Aulacantha* von mir gemessenen Fettkügelchen besaßen einen Durchmesser von 25 μ , die kleinsten hatten das Aussehen minimaler Körnchen.

An frischem Material erscheinen die Fettkügelchen hell und stark lichtbrechend. Der Grad der Schwärzung, die die Kügelchen durch Osmiumsäure erleiden, zeigt, wie schon erwähnt, gewisse Unterschiede. Ich sah solche, die pechschwarz erschienen, fand in anderen Fällen aber nur eine Bräunung der Masse, wobei auch noch wieder in weiteren Grenzen Abstufungen in der Intensität beobachtet wurden. Wenn man den Grund für diese Verschiedenheit nicht in einer nicht immer gleich langen Einwirkungsdauer der Fixierungsflüssigkeit suchen will, so wird man wohl als Ursache eine wechselnde Beschaffenheit der Fettsubstanz selbst annehmen müssen.

In einzelnen Fällen, wie dies Fig. 17 auf Taf. I zeigt, sah ich an der Oberfläche der Fettkügelchen eine dunkle Hüllschicht differenziert, die durch eine hellere Zone von der centralen Hauptmasse getrennt war, doch handelte es sich, wie die weiteren Untersuchungen zeigten, nicht etwa um eine eigentliche Membran oder um eine Überkleidung der Fettkügelchen mit einer Protoplasmaschicht. Manchmal auch waren die Fettkügelchen von mehr oder minder reichlichen Vacuolen durchsetzt (vgl. Taf. I, Fig. 16). Augenscheinlich hat man es bei dieser Gelegenheit mit kleinen von der Fettsubstanz umschlossenen Flüssigkeitströpfchen zu tun.

Wenngleich es bei den hier geschilderten Erscheinungen als Regel gilt, daß das Fett in blasenartigen Hohlräumen zusammengelagert und so auf einzelne Stellen im Innern der Centrakapsel beschränkt ist, so sah ich andererseits doch einmal auch eine mehr diffuse Verteilung des Fettes. Außerhalb der in geringer Zahl vorhandenen mit Fettkügelchen erfüllten Blasen fand ich diese Substanz auch noch in Gestalt minimaler Körnchen frei und unregelmäßige Ansammlungen bildend durch das Endoplasma verteilt. In Fig. 15 habe ich eine Protoplasmapartie mit einer einzelnen Blase und zahlreichen solchen kleineren Fettkörnchen im Bilde wiedergegeben. Es mag sein, daß wir es hier mit der Entstehung neuer Blasen zu tun haben, für deren Fettkügelchen eine Bildung durch

Vereinigung mehr oder minder zahlreicher kleiner Körnchen angenommen werden könnte.

Die weitere Frage, ob das Fett an ein Substrat gebunden ist, etwa wie es bei den Elaioplasten der Pflanzen oder, um ein näher liegendes Beispiel zu wählen, bei der Ölkugel der Sphärozoen der Fall ist, läßt sich dahin entscheiden, daß irgendeine Grundsubstanz, die dem Fett als Unterlage diene, nicht nachweisbar ist. Bei dem Alkoholmaterial, das mit Eisessigsublimat fixiert war, vermißt man die Fetteinschlüsse gänzlich, sie sind in Lösung geraten, ohne dabei irgendwelche Restsubstanzen zurückzulassen. So findet man denn bei derartig behandelten Individuen jeweils nur eine oder auch mehrere blasenartige Bildungen im Innern der Centralkapsel, die geformte Einschlüsse jedoch vollkommen vermissen lassen.

Überraschen muß es übrigens, daß unter dem umfangreichen Tripyleenmaterial der Plankton-Expedition, das durch meine Hände gegangen ist, mir nicht ein einziges Exemplar zu Gesicht kam, das Veränderungen der in Rede stehenden Art gezeigt hätte.

Was nun die weiteren Einzelheiten, vor allen Dingen das Verhalten des Kernes und des Protoplasmas betrifft, so will ich bei der Schilderung der Veränderungen, denen der Weichkörper von *Aulacantha* durch das Auftreten der blasenartigen Bildungen unterliegt, von einem Falle ausgehen, der die ursprünglichen Verhältnisse des Baues der Centralkapsel noch relativ wenig beeinträchtigt zeigt. Auf einen derartigen einfachen Fall beziehen sich Fig. 2 u. 3 der Taf. I. Erstere gibt die Totalansicht einer Centralkapsel mit einer einzelnen im oralen Teil gelegenen, aus der Richtung der Hauptachse seitlich verlagerten Blase wieder. Infolge ihrer Auflösung durch die angewandten Reagentien fehlen hier die Fettkügelchen. Fig. 3 zeigt einen Schnitt durch eine in ganz ähnlicher Weise veränderte Centralkapsel. Die Schnittrichtung wurde so gewählt, daß sie gleichzeitig durch die Mitte des Kernes und der in der Zeichnung oberhalb desselben sichtbaren Blase ging. Bei diesem Exemplar sind dagegen die Fetteilchen erhalten geblieben.

Wir sehen, wie der Kern durch das Auftreten der Blase eine Einbuchtung erlitten hat, er hat die Form eines eingedrückten Gummiballes angenommen und in der schüsselartigen Vertiefung liegt, durch eine Protoplasmaschicht von der Kernwandung getrennt, die Blase mit den Fetteinschlüssen. Auf der entgegengesetzten Seite schieben sich ebenfalls Protoplasamassen zwischen Kapselmembran und Blasenwand ein, so daß letztere rings vom Endoplasma umschlossen ist.

Der Kern zeigt, abgesehen von der Formveränderung, noch das charakteristische Aussehen des Ruhezustandes: radiär gerichtete Chromatinzüge, die von einer dichteren und feiner verteilten Masse im Centrum auslaufen. Die Kernmembran ist wie sonst als feines Häutchen sichtbar. Auch das Endoplasma läßt noch keine wesentlichen Veränderungen erkennen. In der Umgebung der Blase erscheint es etwas dichter, die Vacuolen sind in diesem ganzen Teil von geringerer Größe als auf der der Blase abgewandten Außenseite des Kernes. Dort bemerkt man große, eng gelagerte Vacuolen, die — wohl unter der Einwirkung des Fixierungsmittels — stellenweise zu ausgedehnteren Spalträumen zusammengefloßen sind. Die das Endoplasma umschließende Kapselmembran weist die gewöhnliche Stärke auf und auch die Öffnungen, von denen die Astropyle in Fig. 2 am oralen Pole sichtbar ist, zeigen keinerlei Unterschiede in ihrem Aussehen gegen sonst. Außer dem Vorhandensein der Fettblase und der dadurch bedingten Deformierung des Kernes lassen sich also keinerlei wichtigere Veränderungen in der Struktur der Centralkapsel konstatieren.

Bezüglich der Blase selbst ist noch zu bemerken, daß sie gegen das umgebende Protoplasma durch eine derbe, sich mit den verschiedensten Farbstoffen intensiv färbende Membran abgeschlossen ist. Von protoplasmatischen Bestandteilen ist im Innern der Blase nichts zu entdecken.

Ganz ähnliche Verhältnisse treffen wir bei dem Individuum, dem der in Fig. 4 abgebildete Schnitt entstammt, nur, daß die Centralkapsel dieser *Aulacantha* zwei Fettblasen statt einer enthält. Sie finden sich ungefähr in der Äquatorialebene, ein wenig nach der aboralen Hälfte verlagert, einander gegenüber, die eine auf der einen, die andere auf der anderen Seite des Kernes. Wir sehen auch hier wieder in der nächsten Umgebung der Blasen eine Schicht von vacuolenfreiem Protoplasma, das in dem gefärbten Präparat eine leichte Aufhellung im Vergleich mit der Hauptmasse des Endoplasmas erkennen läßt. Die Blasen selbst sind kleiner als in dem vorigen Falle und die sie äußerlich abschließende Membran ist feiner als dort, dafür sind sie aber um so dichter mit Fettkügelchen erfüllt.

Der Kern der *Aulacantha* hat hier ebenfalls eine Gestaltsveränderung erfahren, er ist abgeflacht und zeigt an der Stelle, wo die beiden Blasen liegen, eine durch den zweiseitigen Druck hervorgerufene starke Einschnürung. Die Struktur ist, soweit sie nicht durch die Deformierung beeinträchtigt ist, noch die gleiche, wie man

sie an dem ruhenden *Aulacantha*-Kerne anzutreffen gewohnt ist. Der abgebildete Schnitt gibt außerdem aber auch noch Auskunft über den Zustand der Öffnungen; die Astropyle ist noch unversehrt, ebenso die beiden Parapylen, von denen die eine am rechten unteren Rande der Figur sichtbar ist. Auch die strahlige Anordnung der Protoplasmateilchen in der Umgebung des Bulbus der Nebenöffnung tritt recht deutlich in die Erscheinung.

Wesentlich anders liegen die Dinge in dem Falle, der in Fig. 5 zur Darstellung gebracht ist. Die Blasen sind klein, aber in beträchtlicher Zahl vorhanden. Auf einzelne Strecken hin ist das Endoplasma zwar frei von solchen Bildungen, an anderen Stellen liegen die Blasen dagegen in so dichter Menge beisammen, daß sie sich teils berühren, teils nur durch dünne Schichten von Protoplasma voneinander getrennt erscheinen. Von dem Kern sind nur noch Überbleibsel vorhanden. Er bietet das Bild einer großen Vacuole, in deren Innern man spärliche Mengen einer krümelig-faserigen Masse erblickt. Der auch jetzt noch erhaltenen Membran angelagert, gewahrt man in einigen wenigen Schnitten noch ein kleines, etwas dichteres Kügelchen, augenscheinlich Reste der ursprünglich so reichlich vorhandenen chromatischen Substanz, allein, alle diese Überbleibsel des Kernes lassen in ihrer Struktur und vor allem in ihrem Verhalten Farbstoffen gegenüber deutliche Anzeichen des Zerfalls erkennen.

Das gleiche gilt auch von den Massen des Endoplasmas. Hier und da hat es noch ein etwas dichteres Gefüge, dazwischen sieht man aber größere und kleinere, zum Teil sogar recht ausgedehnte Inseln, wo es stark aufgelockert und zu einer mehr körnig erscheinenden Materie umgewandelt ist. Ebenso sind auch die Kapselöffnungen bis auf kaum noch bemerkbare Reste zerfallen.

Wo die Entartung noch weiter fortgeschritten ist, findet man vom Kern überhaupt nichts mehr vor. So ist beispielsweise bei dem Exemplar, aus dessen Centralkapsel Fig. 6 einen medianen Schnitt wiedergibt, der Kern spurlos untergegangen. Es sind hier im ganzen sechs größere Blasen entwickelt; von ihnen sind auf dem dargestellten Schnitt vier sichtbar, jede derselben ist von einer kräftigen Membran umschlossen. Es ist auch nur noch ganz wenig und stark in Zerfall begriffenes Protoplasma vorhanden, das die Zwischenräume zwischen den Blasen notdürftig ausfüllt. Von den Öffnungen ist jetzt keine Spur mehr übrig und die Membran der Centralkapsel erscheint als ein weiter, schlaffer Sack, der allein noch das Auseinanderfallen der Teile verhindert.

Ich habe bisher ausführlicher nur von denjenigen Fällen gesprochen, in denen die blasenartigen Gebilde außerhalb des Kernes, im Endoplasma auftreten. Wie ich schon bemerkte, kann aber auch der Kern selbst und zwar in seiner vollen Größe in gleicher Art verändert werden. Ich verweise in dieser Beziehung auf die bereits erwähnte Textfig. B, die an Stelle des Kernes eine mächtige Blase mit Fettkügelchen in ihrem Innern zeigt.

Untersuchen wir die Verhältnisse des feineren Baues genauer, so gewahren wir hier hinsichtlich der Beschaffenheit der Blase resp. ihres Inhaltes gewisse Unterschiede gegenüber den vorstehend geschilderten Fällen. Dort fanden wir die Blase von einer mehr oder minder dicken Wandung umschlossen, im Innern aber nur Fettkügelchen, keine protoplasmatischen Bestandteile. Soweit der Hohlraum nicht durch die Fetteilchen beansprucht wird, ist er bei dem lebenden Tier offenbar von einer wässerigen Flüssigkeit erfüllt; an den Schnittpreparaten ist das Lumen vollkommen frei, man sieht keinerlei Gerinnselbildungen oder Niederschläge irgendwelcher Art. Wo die Blase die Stelle des Kernes einnimmt, treffen wir in ihrem Innern dagegen außer den Fettkügelchen wenigstens geringe Quantitäten protoplasmatischer Substanz an; es sind noch gewisse Überbleibsel des zugrunde gegangenen Kernes vorhanden. Sie erscheinen in der Gestalt eines kleinen kugeligen Restkörpers, der noch etwas stärker färbbar und in eine minimale Plasmamenge eingebettet, sich irgendwo der inneren Blasenwandung angelagert findet. Ich habe derartige Kernreste überall bei den mit Eisessigsublimat fixierten Individuen beobachtet. Wenn die Fetteilchen gelöst waren, vermochte man bei den in Rede stehenden Zuständen sowohl an Totalpreparaten wie an Schnitten stets mit Leichtigkeit die kleine wandständige Kugel zu erkennen. Man sieht dieselbe in den Figuren 10 u. 12, von denen die letztere eine ganze Centralkapsel zeigt, während erstere einen Schnitt im Bilde wiedergibt. Wo FLEMMING'sche Flüssigkeit angewandt worden war, konnte unter den dunklen Fettkügelchen das erwähnte Gebilde eher der Beobachtung entgehen.

Daß es sich hierbei wirklich um nichts anderes als um Restteile der Kernsubstanzen handelt, steht außer Frage; man findet ganz gleiche Gebilde auch bei dem Zerfall des Kernes in denjenigen Fällen, wo sich diese Erscheinung unter dem Einfluß der im Endoplasma auftretenden Fettblasen vollzieht. Ich mache dabei auf Fig. 5 aufmerksam, die innerhalb des in der Auflösung schon weit fortgeschrittenen Kernes, der Membran ganz nahe liegend, ebenfalls ein Kügelchen der geschilderten Art aufweist. Bei diesem Exemplar

waren noch auf ein paar anderen Schnitten solche Restkörperchen anzutreffen, sie waren zum Teil durch Vacuolen aufgelockert, hatten aber immer eine periphere Lage. Wo bei Schwund des Kernes ein kleines Quantum Protoplasma zurückgeblieben ist, das den Restkörper umgibt, läßt dieses an seiner etwas erhöhten Färbbarkeit erkennen, daß es auch wohl noch Spuren chromatischer Substanz enthält.

Zu der erwähnten Erscheinung, daß bei Umwandlung des Kernes in eine Fettblase die letztere außer den Fettkügelchen auch noch gewisse Überbleibsel der Kernsubstanzen umschließt, kommt eine andere Besonderheit dieser Zustände hinzu: die Blase ist in solchen Fällen nicht von einer einfachen, sondern von einer doppelten Membran umgeben. Diese Strukturverhältnisse treten schon an den Totalpräparaten zutage, sind jedoch mit größerer Deutlichkeit an Schnitten zu beobachten; die hier meist bestehenden größeren Schrumpfungstragen nur dazu bei, die Sachlage noch klarer zu machen.

Betrachten wir beispielsweise Fig. 7, die einen derartigen Schnitt darstellt, so sehen wir im Mittelpunkt des Bildes die Blase mit ihren zahlreichen, großen und kleinen Fettkügelchen. Ihre Wandung wird von einer kräftigen Membran gebildet. In einigem Abstand folgt nach außen zu eine zweite stark tingierbare Hülle, die viel derber als die ersterwähnte Blasenwandung ist. Diese Verhältnisse erklären sich aus den besonderen Entstehungsbedingungen. Offenbar haben wir in der inneren Schicht die Kernmembran vor uns. Sie ist hier dicker als sonst, wozu jedoch der Zustand stärkerer Contraction zum Teil mit beitragen mag. Die äußere Schicht entspricht der Blasenwandung, wie wir sie in den weiter oben geschilderten Fällen antrafen. Wie dort, so ist sie auch hier ein Produkt des umgebenden Protoplasmas.

Zwischen den beiden Wandungen fand ich, und zwar sowohl bei Exemplaren, die mit Eisessigsublimat fixiert waren (Fig. 9), als auch nach Anwendung FLEMMING'scher Flüssigkeit (Fig. 7) einen oder ein paar glasartig klare, stark lichtbrechende Körperchen von rundlicher oder länglicher, gekrümmter Gestalt. In ihrem Innern konnte man gelegentlich eine Art von Schichtung oder ein verdichtetes Centrum bemerken. Ich habe ein paar Gebilde dieser Art bei etwas stärkerer Vergrößerung in Fig. 11 zur Darstellung gebracht. Wo die beiden Hüllschichten der Blase dicht zusammenlagen, war die innere feinere Membran unter der Wirkung dieser Einschlüsse deutlich vorgewölbt (Fig. 9). Es wird sich bei diesen Körpern vermutlich um irgendwelche geformte Umwandlungsprodukte der zu-

gründe gegangenen Substanzen handeln und man möchte vielleicht an Bildungen denken, die in gewisser Hinsicht den Glanzkörpern von *Pelomyxa* vergleichbar wären (siehe GOLDSCHMIDT 1905, S. 129 u. 130). Sie können jedoch nicht mit den vorhin erwähnten Kernresten in nähere Beziehung gebracht werden; sowohl durch ihr Aussehen, als auch durch ihre Lage zwischen den Blasenhüllen dokumentieren sie sich als etwas Besonderes.

Mit dem Schwunde des Kernes geht aber auch in diesen Fällen ein Zerfall des Endoplasmas Hand in Hand. Die Erscheinungen der Auflösung sind schon an Totalpräparaten zu erkennen, so beispielsweise bei Textfig. B. Man sieht, wie stellenweise das Protoplasma eine durchsichtigere Beschaffenheit angenommen hat; in den dichteren Massen bemerkt man Flecken von hellerem, lockererem Aussehen, gleichzeitig gewährt die Kapselmembran einen schlaffen und gefalteten Anblick.

Noch deutlicher im einzelnen treten die Anzeichen der Entartung an Schnittpräparaten zutage. Ich verweise hierbei auf die schon erwähnte Fig. 7, wo allerdings der Auflösungsprozeß noch etwas weiter als bei dem in Textfig. B dargestelltem Exemplar fortgeschritten ist. Die Substanz des Endoplasmas ist stark aufgelockert, seine Menge außerdem bereits so weit geschwunden, daß es zwischen den zahllosen großen Vacuolen nur noch Wände von relativ geringer Dicke bildet und an den konservierten Individuen weite Lücken zwischen den kontrahierten Plasmamassen und der umgebenden Kapselmembran klaffen. Auch die feinere Struktur des Endoplasmas erscheint auffallend verändert, es sieht grob, fast körnig aus. Natürlich werden bei diesen Veränderungen ebenfalls die Kapselöffnungen in Mitleidenschaft gezogen; die charakteristischen Differenzierungen am oralen Pol und an der aboralen Kapselhälfte schwinden sehr bald mit dem Fortschreiten der Zerfallsvorgänge.

Im weiteren Verlaufe der Erscheinungen sehen wir nun die Plasmamenge immer mehr zurückgehen und gleichzeitig bemerken wir, wie auch die Kapselmembran in Auflösung gerät. Ein derartiger späterer Zustand ist in den Schnittbildern 9 u. 10 zur Darstellung gebracht. Von dem Endoplasma ist in diesem Falle nur noch ein spärlicher Rest übrig, der eine dünne, nur an einzelnen Stellen gelinde Verdickungen und unregelmäßige Fortsätze aufweisende Hüllschicht an der Oberfläche der Blase darstellt; statt der derben, doppelt konturierten Kapselmembran bildet ein feines, kaum wahrnehmbares Häutchen die äußere Überkleidung der Protoplasamasse. Schließlich schwinden aber auch noch diese letzten Überbleibsel und

dann liegt die doppelwandige Fettblase frei im Innern des Skelettraumes. Derartige Zustände finden sich in Fig. 8 u. 12 wiedergegeben. Das erstere Bild zeigt eine isolierte Blase, die von einem mit Osmiumsäure behandelten Individuum herrührt. Die innere Hüllschicht, die die geschwärzten Fettkügelchen umschließt, hat sich zu einer etwas kleineren Kugel kontrahiert. In Fig. 12 haben wir eine andere von einem mit Eisessigsublimat fixierten Exemplar stammende Blase mit den umgebenden Phäodiummassen vor uns. Die Fettkügelchen im Innern sind verschwunden, die beiden Blasenwandungen liegen fest zusammen.

Es war bisher nur von Veränderungen die Rede, die sich an den Bestandteilen der Centralkapsel vollziehen, ich habe nun noch zu erwähnen, daß auch das Ectoplasma nicht verschont bleibt und daß sich an diesem ganz ähnliche Umwandlungen beobachten lassen, wie ich sie für das Endoplasma und den Kern beschrieb. Auch im Ectoplasma zeigen sich gelegentlich Blasen mit Fettkügelchen. Bei der Betrachtung des ganzen Tieres entgehen sie allerdings sehr leicht der Beobachtung; zwischen den dichten und oft recht dunklen Massen des Phäodiums fallen sie selbst bei Schwärzung ihres Inhalts durch Osmiumsäure nicht sonderlich auf.

Man könnte vielleicht zu der Annahme kommen, daß das Erscheinen derartiger Gebilde außerhalb der Centralkapsel ein besonders fortgeschrittenes Stadium des ganzen Prozesses charakterisiert, daß also ein solcher Zustand sich erst dann zeigt, wenn die Blasenbildung im Innern der Centralkapsel ihren Höhepunkt erreicht hat. Das ist jedoch keineswegs richtig. Zwar habe ich Fettblasen im Ectoplasma immer nur dann beobachtet, wenn auch in der Centralkapsel welche vorhanden waren, ich fand sie aber ebensowohl bei Individuen, die nur eine Blase im Endoplasma aufwiesen, als auch dort, wo das den Kern umgebende Protoplasma dicht mit solchen durchsetzt war. Einen Fall der letzteren Art bringt Fig. 5 zur Anschauung. Der dargestellte Schnitt läßt zwischen den Massen des Phäodiums fünf Blasen mit Fettkügelchen erkennen. Sollte ich ein Beispiel dafür anführen, daß der Centralkapselinhalt noch sehr wenig verändert war, so brauchte ich nur auf das Exemplar zu verweisen, dem der in Fig. 3 dargestellte Schnitt entstammt. Das betreffende Stück zeigt nur eine einzige Blase im Endoplasma, besitzt außerdem jedoch noch mehrere in dem in der Zeichnung allerdings fortgelassenen Extracapsularium. Immerhin war es unter den mit Fettblasen versehenen Tieren nur der kleinere Teil, der

solche auch im Ectoplasma aufwies, in der Mehrzahl der beobachteten Fälle waren sie eben auf die Centralkapsel beschränkt.

Was den Bau der extracapsularen Fettblasen betrifft, so ist das sich darbietende Bild hier im wesentlichen das gleiche wie bei den im Endoplasma anzutreffenden Gebilden dieser Art. Auch im vorliegenden Falle sehen wir die Dicke der die Blase umschließenden Membran je nach dem Grad der Ausbildung innerhalb gewisser Grenzen variieren. Nur in einem Falle bemerkte ich, daß außer den Fettkügelchen, die den Inhalt der Blase bildeten, auch noch ein dicker Wandbelag aus einer homogen erscheinenden, sich mit Eosin gut färbenden Substanz vorhanden war. In diese waren die Fettkügelchen eingebettet. Ich habe eine einzelne solche Blase mit den dieselbe umgebenden Phäodellen in Fig. 13 bei etwas stärkerer Vergrößerung zur Darstellung gebracht.

Die Struktur der Fettkügelchen selbst ist überall die gleiche, mögen sie sich nun an Stelle des Kernes im Endo- oder Ectoplasma finden. Auch im letzteren Falle ist ein besonderes Substrat, an das das Fett gebunden wäre, nicht vorhanden. Die Anwendung fettlösender Reagentien bringt hier wie dort die Fettansammlungen restlos zum Verschwinden.

Wenden wir uns nun der Frage zu, welche Deutung die geschilderten Veränderungen des Tripyleenkörpers erfahren müssen, so glaube ich nicht, daß noch ein Zweifel über die Natur der Erscheinung bestehen kann.

Vielleicht möchte man zunächst daran denken, daß die Umwandlung des Kernes in eine Fettblase mit der Bildung einer Art von Dauerzustand in Beziehung zu bringen sei. Man brauchte nur anzunehmen, daß der kleine kugelige, von Protoplasma umgebene Kernrest ein funktionsfähiger Nucleus bleibt, daß die Fettkügelchen Reservestoffe darstellen oder aber auch einen Schwebeapparat bilden, der es der über kurz oder lang aus dem zerfallenden Skelet freierwerdenden Blase ermöglicht, besser als es bei dem vollständigen Tiere vielleicht der Fall sein würde, mit Hilfe der Strömungen die Art über weite Gebiete hin zu verbreiten. Allein, diese Möglichkeit könnte ernstlich doch nur in Frage kommen, wenn ausschließlich eine Umwandlung des Kernes, bzw. eines Teiles des Kernes, in Fett zu beobachten wäre. Die Tatsache, daß sich ganz entsprechende Veränderungen auch am Endoplasma vollziehen, wobei der Kern dann völlig zugrunde geht und daß selbst das Ectoplasma in solcher Weise verändert werden kann, muß uns die Vorgänge in anderem Lichte erscheinen lassen. Aus denselben Gründen werden wir, wenn

wir eben die Gesamtheit der Erscheinungen ins Auge fassen, auch von der Annahme absehen müssen, daß es sich bei der Bildung der Fettkügelchen um einen ähnlichen Vorgang wie bei der Schwärmerentwicklung der koloniebildenden Radiolarien handle, wo den sich bildenden Gameten kleine Portionen von Fett mit auf den Weg gegeben werden.

Alles in allem betrachtet, können wir nur zu der einen Deutung kommen, daß die geschilderten Vorgänge als Erscheinungen der Degeneration aufzufassen sind. Ich habe diese Ansicht bereits in der vorläufigen Mitteilung über meine Untersuchungen an *Aulacantha* (1896) zum Ausdruck gebracht, in der ich in aller Kürze auch auf die hier beschriebenen Zustände zu sprechen kam.

Die fettige Entartung des Zellplasmas ist ja eine wohlbekannte Erscheinung, die unter den verschiedenartigsten Umständen, bald als physiologischer, bald als pathologischer Prozeß auftritt. Ich erinnere an die Vorgänge bei der Milchsekretion, „wo die Epithelien der Milchdrüse ihr verfallen“ (BIRCH-HIRSCHFELD 1889, p. 44),¹⁾ an die Vorgänge fettiger Degeneration, die bei Säugern zur Zeit der Schwangerschaft in den dem Keim zunächst liegenden Schichten Platz greifen und mit der Ernährung des Embryo im Zusammenhange stehen,²⁾ an die fettige Entartung, wie sie am Follikel-epithel bei Rückbildung von Eiern auftritt. Von pathologischen Erscheinungen sei die Verfettung der Herzmuskulatur, des Nieren-epithels und der Leberzellen (Phosphorleber) erwähnt.

Während in der Regel bei der fettigen Degeneration das Fett in Gestalt minimaler Körnchen in den Zellen erscheint und nur in selteneren Fällen größere, leicht zusammenfließende Tropfen beobachtet werden, ist bei *Aulacantha* die feine staubartige Verteilung des Fettes im Plasma gelegentlich der in Rede stehenden Entartungsprozesse eine seltene Erscheinung, die nur ein einziges Mal bemerkt wurde; gewöhnlich trifft man die Hauptmasse in Form größerer Kügelchen an, ja, bei einer Caementellide fand ich, wie oben erwähnt, ausschließlich ein paar mächtige Fettkugeln im Endoplasma der Centralkapsel vor.

¹⁾ Die Ansichten über die histologischen und chemischen Prozesse bei der Milchbildung sind bekanntermaßen noch durchaus geteilt. Im Zusammenhange mit den uns hier beschäftigenden Vorgängen mag eine Angabe von STEINHAUS von Interesse sein, der bei der Lactation eine lebhaftete Teilung der Zellkerne und eine Umwandlung der Kernsubstanz in Fett annimmt. (Vgl. LUCIANI 1906, p. 477.)

²⁾ Nach den Untersuchungen von KOLSTER (1903) an der Maus.

Als Besonderheit der bei *Aulacantha* beobachteten Verhältnisse ist vor allem aber das Auftreten des Fettes in Nestern hervorzuheben, die sich durch eine Membran gegen das umgebende Plasma abschließen. Es handelt sich hier also nicht um einen allgemeinen, diffusen Entartungsvorgang, sondern um die Bildung einzelner isolierter, durch eine feste Hüllschicht sich gegen das umgebende Endoplasma abkapselnder Degenerationsherde. So führen denn die Erscheinungen zur Entstehung einer mehr oder minder großen Zahl cystenartiger, mit Fettkügelchen erfüllter Gebilde, die schließlich, wenn die durch diese Prozesse in ihren Lebensfunktionen gestörte und zugrunde gerichtete Centralkapsel in Auflösung gerät, auseinanderfallen. In die gleiche Reihe mit diesen Vorgängen sind die am Ectoplasma auftretenden Degenerationerscheinungen zu stellen. In allen diesen Fällen wird der Kern des Tieres nur indirekt in Mitleidenschaft gezogen durch die Schädigungen, die die protoplasmatischen Teile der Zelle erfahren.

Außer denjenigen Fällen, in denen unter sekundärer Degeneration des Zellkernes die Entartung ihren Anfang im Cytoplasma nimmt, kennen wir aber auch Vorgänge solcher Art, die primär vom Kern ausgehen.

Die bisher bekannten mannigfachen Fälle von Kerndegeneration, die wiederum teils physiologischer, teils pathologischer Natur sind, vollziehen sich in verschiedener Weise und unter verschiedenen Bedingungen. So sei beispielsweise auf die Bildung von Kristalloiden im Kerninnern hingewiesen, in deren Gefolge schließlich eine Vernichtung des Kernes eintritt.¹⁾ Bei anderen Gelegenheiten beobachten wir eine Auflösung oder einen Zerfall des Kernes in der Weise, daß dieser sein Chromatin zunächst an das Cytoplasma abgibt, er selbst wird homogen, verliert seine Färbbarkeit und geht endlich samt den ausgetretenen Chromatinbröckeln mit dem Zelleib zugrunde. Derartig liegen die Dinge bei der schon erwähnten Rückbildung von Eiern und der Degeneration des Follikelepithels.²⁾ Des weiteren sei auch an die Umwandlung des Kernes resp. des gesamten Zellinhaltes in Drüsensekret, sowie noch an den Chromatinschwund erinnert, wie er in Verbindung mit Glykogenbildung an den Leberzellkernen Diabetischer beobachtet wurde.³⁾ Aus der Reihe der Protozoen im

¹⁾ Um nur einige der einschlägigen Angaben anzuführen, mache ich auf die Mitteilungen von LIST (1897), RENGEL (1897), MINGAZZINI (1889), HADŽI (1907), SABUSSOW (1908) aufmerksam.

²⁾ Vgl. WALDEYER 1906.

³⁾ Vgl. ASKANAZY und HÜBSCHMANN 1907.

speziellen ließen sich für die im normalen Entwicklungsgang vorkommende Kerndegeneration zahlreiche Beispiele anführen. Eine besondere Form der physiologischen Kerndegeneration bietet sich uns auch in der von R. HERTWIG (1900) bei *Actinosphaerium* beobachteten Riesenkernbildung dar. Andererseits kennen wir aber auch Fälle, bei denen ähnliche Erscheinungen auf das Eindringen parasitärer Organismen zurückzuführen sind. In dieser Beziehung verweise ich nur auf die Beobachtungen von DANGEARD und anderen.

Wenn ich wiederum auf meine Untersuchungen bei *Aulacantha* zurückkomme, so ist bekanntermaßen das Vorkommen von Fett- und Öltröpfchen im Protoplasma des normalen Protozoenkörpers, wie der tierischen Zelle überhaupt, eine weitverbreitete Erscheinung, dagegen ist mir keine auf Protozoen bezügliche Angabe bekannt, die uns ähnliche tiefgreifende Vorgänge fettigen Zerfalls des Plasmas zur Kenntnis brächte, wie sie bei der genannten Tripyleenart angetroffen wurden, bei der infolge der Bildung mehr oder minder zahlreicher Degenerationsherde der Organismus derartig schwer geschädigt wird, daß auch der Kern zerstört und damit das ganze Individuum vernichtet wird.

Noch auffälliger jedoch sind die Prozesse fettiger Entartung, die sich primär am Aulacanthenkern selbst vollziehen. Alle bisher beschriebenen Erscheinungen der Kerndegeneration, mag es sich nun um derartige Vorgänge im Reiche der Protisten oder um Beobachtungen an Zellen höherer Organismen handeln, bieten doch ein ganz anderes Bild, als die bei *Aulacantha* festgestellten Vorgänge der in Rede stehenden Art.

Bekannt ist die Tatsache, daß Kohlehydrate als Bestandteil des Kernes erscheinen können, und zwar speziell Glykogen, das sowohl unter normalen Verhältnissen, als auch bei gewissen Krankheitserscheinungen im Kern nachgewiesen werden konnte. Ich hob schon die Feststellung dieser Substanz in den Zellkernen der Leber hervor (ASKANAZY und HÜBSCHMANN 1907); ich erwähne weiter ihren Nachweis im Wabenwerk der Chromidialmassen von *Diffugia* (ZUELZER 1904) und *Arcella* (ELPATIEWSKY 1907), sowie im Centrankörper der Cyanophyceen (ZACHARIAS 1900).¹⁾ Dagegen ist zu bemerken, daß nach ZIMMERMANN (1896) die bisherigen Angaben über den Nachweis von Stärke im Kern auf unrichtigen Beobachtungen beruhen dürften.

¹⁾ Allerdings ist die Kernnatur des Centrankörpers der Cyanophyceen noch umstritten, doch vergleicht GUILLIERMOND ihn mit dem Chromidialapparat. (Siehe ZACHARIAS 1907.)

Auch über das Vorkommen von Fett im Zellkern liegen Notizen vor, so beispielsweise von CARNOY (1884) und von HAECKER (1908). Die von CARNOY angeführten Objekte habe ich daraufhin noch nicht nachprüfen können, was aber die von HAECKER als „Fetträubchen“ bezeichneten Haufen kleiner kugeliger Gebilde im Kern der Tripyleen betrifft, so handelt es sich hierbei offenbar um die gleichen Bestandteile, die ich seinerzeit als „Paranucleinkügelchen“ ansprach, dagegen zweifellos nicht um Ansammlungen von Fett.¹⁾

Als Umwandlungsprodukt der Kernsubstanzen bei degenerativen Prozessen sehen wir gelegentlich auch Pigment entstehen. Vorgänge dieser Art wurden von R. HERTWIG (1903) bei *Actinosphaerium* konstatiert und es wird von ihm (l. c. p. 22 Anm. 3) ebenfalls die bei Geschwülsten vorkommende Pigmentbildung hierauf zurückgeführt. Weitere einschlägige Angaben, die das intracellulär entstehende Pigment als Produkt des Kernes erscheinen lassen, liegen von PROWAZEK (1907) vor.²⁾ Oder aber es treten substantiell nicht näher definierte Bildungen anderer Art auf. Es ist jedoch bei solchen Erscheinungen meines Wissens bis heute in keinem sonstigen Falle die Umformung sozusagen des gesamten Kernmaterials in Fett festgestellt worden, wie sie uns bei *Aulacantha* in unzweideutiger Weise vor Augen tritt.

Im übrigen sind die Befunde an *Aulacantha* auch in anderer Beziehung noch von Interesse, haben wir doch in diesem Falle die Möglichkeit, das Verhalten einer kernlosen Zelle zu beobachten, und zwar einer Zelle, die nicht etwa durch irgendwelche äußere Eingriffe ihren Kern verloren, sondern die, sonst vollkommen unverletzt, diesen wichtigen Bestandteil ihrer Organisation eingebüßt hat.

Leider habe ich den Versuch, durch fettige Degeneration ihres Kernes beraubte Tiere weiter am Leben zu erhalten, um die späterhin eintretenden Veränderungen des Organismus zu beobachten, nicht ausführen können, und, wenn auch nicht daran zu zweifeln ist, daß schließlich ein Absterben erfolgt sein würde, so gewinnt man doch den Eindruck, daß die Zelle auch in dem enucleierten Zustande immerhin noch längere Zeit zu vegetieren vermag. Trotz der

¹⁾ Die Schwärmer der Chytridiacee *Amoebochytrium rhizidioides* ZOPF enthalten einen amöboiden Körper, den ZOPF (1884) für den Zellkern hält. Aus seinem gelblichen Aussehen und starken Lichtbrechungsvermögen schließt ZOPF auf einen hohen Fettgehalt.

²⁾ Die Ansicht, daß Pigmentkörner aus Kernteilen entstehen können, war, wie HERTWIG bereits bemerkt, auch schon durch BOHN ausgesprochen worden. — Über die möglicherweise bestehenden Beziehungen zwischen Kern und Phäodium bei den Tripyleen vgl. A. BORGERT (1909, p. 242 u. 243).

schweren Schädigungen, die der Organismus erlitten hatte, konnte der Körper des Radiolars in den äußeren Formen noch sehr wohl erhalten sein, was immerhin erwähnenswert ist, weil die kieseligen Skeletstücke, die sich als lose zusammengefügte Radialstacheln und Tangentialnadeln darstellen, durch den Zerfall des Weichkörpers sehr leicht ihren Zusammenhalt verlieren und auseinanderfallen würden.

Welche Ursachen zu den geschilderten krankhaften Veränderungen des Aulacanthenkörpers führen mögen, darüber lassen sich zurzeit höchstens Vermutungen aussprechen. Daß die Erscheinungen unter dem Einfluß irgendwelcher parasitärer Organismen zustande kommen, glaube ich nicht annehmen zu sollen, es wurde nichts beobachtet, was dieser Annahme zur Stütze dienen könnte. Eher ließe sich wohl daran denken, daß besondere Ernährungsverhältnisse, vielleicht auch Änderungen in der Zusammensetzung oder der Temperatur des Mediums zur Erklärung heranzuziehen wären. Oder aber, und das scheint mir am wahrscheinlichsten, es spielen in dieser Frage äußere Faktoren überhaupt keine Rolle, sondern wir haben es mit den Folgen von Organisationsveränderungen zu tun, die ihre Ursache möglicherweise in den Fortpflanzungsverhältnissen und in dem Versagen der regulatorischen Prozesse haben könnten, von denen ich im zweiten Teil meiner Untersuchungen über die Fortpflanzung der tripyleen Radiolarien ausführlicher sprach. Unter dieser Annahme würde es sich also um Erscheinungen handeln, in denen sich gewisse Störungen des inneren Gleichgewichtes, eine ungünstige Gestaltung des Verhältnisses der einzelnen Körpersubstanzen zueinander widerspiegelt.

Über degenerative Veränderungen des Protistenkörpers liegen gerade aus neuerer Zeit einige beachtenswerte Angaben vor, die teils das Verhalten des Kernes, teils das Protoplasma oder ihre Beziehungen zueinander betreffen. Ich erinnere dabei an die schon erwähnten interessanten Beobachtungen, die R. HERTWIG (1900) an *Actinosphaerium* im Falle des Hungerns und nach starker Fütterung der Tiere machte, an die bei Infusorienkulturen von R. HERTWIG (1903), CALKINS (1904), POPOFF (1907) und anderen untersuchten Erscheinungen der Depression und Degeneration, an PROWAZEK's (1904) Mitteilung über degenerative Hyperregeneration bei Protozoen, weiter an SCHAUDINN's (1902) Arbeit über *Cyclospora caryolytica* SCHAUD., in der er näher auf gewisse an den Sporonten dieser Coccidienform sich zeigende Erscheinungen der Entartung eingeht, an die von DANGEARD (1895), GRUBER (1904), PENARD (1905) und DOFLEIN (1907)

bei verschiedenen Amöbenarten beobachtete, unter dem Einfluß parasitärer Protozoen zustande kommende Riesenkernbildung.

Die erwähnten Versuche und Beobachtungen haben zum Teil zu weitergehenden Schlüssen Veranlassung gegeben. R. HERTWIG kam zu seiner Idee über das Wechselverhältnis von Kern und Protoplasma in der Zelle und trug, ausgehend von den pathologischen Veränderungen, die er bei *Actinosphaerium* festgestellt hatte, einen ganz neuen Gesichtspunkt in den Streit der Meinungen über die Entstehungsursache der Geschwulstbildungen hinein.

Ebensogut wie für das Studium der Vorgänge des normalen Zellebens, der Funktionen der einzelnen Bestandteile in der Zelle und der Erscheinungen des Stoffwechselgetriebes dürften die Protozoen für cellularpathologische Untersuchungen und Experimente ein besonders geeignetes Arbeitsmaterial darstellen. Nicht nur bietet sich hier der Vorteil, daß es sich um einzeln lebende, vollkommen unabhängige Zellindividuen handelt, auch die Lebensbedingungen lassen eine Änderung in relativ weiten Grenzen zu. Es bedarf kaum eines Hinweises auf die verschiedenen zu verwirklichenden Möglichkeiten, so die Mannigfaltigkeit, die sich hinsichtlich der Ernährung sowohl in der Menge wie der Art der gebotenen Nahrung erreichen läßt, die Wirkungen mechanischer, thermischer, elektrischer oder anderer physikalischer Mittel, die Beeinflussung der Zelle durch chemische Reagentien und die eventuelle Anwendung dieser Einflüsse in bestimmten Perioden des Lebens, vielleicht auch noch unter geeigneter Kombinierung. Endlich sei noch die künstliche Infektion mittels parasitärer Organismen verschiedener Art erwähnt. Sehr ins Gewicht fällt dabei auch, daß die Beschaffung des Materials meist keine Schwierigkeiten macht und die leicht auszuführende Züchtung die Möglichkeit bietet, die Wirkungen des Experimentes gegebenenfalls durch Generationen von Zellen hindurch zu verfolgen.

Bei der großen Wichtigkeit, die derartige Versuche nicht allein für das Verständnis der Lebenserscheinungen im allgemeinen, sondern auch im speziellen für die Pathologie haben würden, wäre es mit Freuden zu begrüßen, wenn die Protistenforschung sich in reicherm Maße, als es bisher geschehen ist, dem hier angedeuteten Untersuchungsgebiete zuwenden würde. Ebenso ist es im Interesse der Sache, daß, wozu SCHAUDINN und andere durch ihr Beispiel bereits die Anregung gegeben haben, Beobachtungen über pathologische Veränderungen, selbst wenn sie abseits des eigentlichen Zieles der Arbeit liegen, mit in den Kreis der Betrachtung gezogen und weiteren Kreisen zugänglich gemacht werden. Von diesem Ge-

sichtspunkte aus hielt ich es auch für angezeigt, hier etwas ausführlicher über die von mir beobachteten Erscheinungen fettiger Degeneration bei tripyleen Radiolarien zu berichten.

Bonn, Anfang März 1909.

Literaturverzeichnis.

- ASKANAZY, M. und HÜBSCHMANN, P. (1907): Über Glykogenschwellung der Leberzellkerne besonders bei Diabetes. in: Centralbl. f. allgem. Pathologie u. patholog. Anatomie Bd. XVIII Nr. 16 August 1907.
- BIRCH-HIRSCHFELD, F. V. (1889): Lehrbuch der pathologischen Anatomie. Bd. 1. Allgemeine pathologische Anatomie. 4. Aufl. 1889.
- BORGERT, A. (1896): Zur Fortpflanzung der tripyleen Radiolarien (Phäodarien). in: Zool. Anz. Bd. 19 1896.
- (1900): Untersuchungen über die Fortpflanzung der tripyleen Radiolarien, speziell von *Aulacantha scolymantha* H. I. Teil. in: Zool. Jahrb., Abt. f. Anat. u. Ontog. der Tiere Bd. 14 Heft 2 1900.
- (1909): Derselben Arbeit II. Teil. in: Arch. f. Protistenk. Bd. 14 Heft 2 1909.
- CALKINS, GARY N. (1904): Studies on the life history of Protozoa. IV. Death of the A-Series. Conclusions. in: Journ. of experim. Zoology Vol. 1 No. 3 1904.
- CARNOY, J. B. (1884): La biologie cellulaire. Lierre 1884.
- DANGEARD, P. A. (1895): Parasites du noyau et du protoplasma. in: Le Botaniste, Poitiers, 1894/95 Fasc. 6.
- DOPLEIN, F. (1907): Studien zur Naturgeschichte der Protozoen. V. Amöbenstudien. 1. Teil. in: Arch. f. Protistenk., Suppl. I (Festband für R. HERTWIG) 1907.
- ELPATIEWSKY, W. (1907): Zur Fortpflanzung von *Arcella vulgaris* EHRSIG. in: Arch. f. Protistenk. Bd. 10 1907.
- GOLDSCHMIDT, R. (1905): Die Chromidien der Protozoen. in: Arch. f. Protistenk. Bd. 5 1905.
- GRUBER, A. (1904): Über *Amoeba viridis* LEIDY. in: Zool. Jahrb., Suppl. VII (Festschrift f. WEISMANN) 1904.
- HADŽI, J. (1907): Über intranucleare Kristallbildungen bei *Tubularia*. in: Zool. Anz. Bd. 31 1907.
- HAECKER, V. (1908): Tiefsee-Radiolarien. in: Wiss. Ergebn. d. deutsch. Tiefsee-Expedition 1898—1899 Bd. 14 1908.
- HERTWIG, R. (1900): Über physiologische Degeneration bei Protozoen. in: Sitz-Ber. d. Ges. f. Morphol. u. Physiol. in München 1900.
- (1903): Über das Wechselverhältnis von Kern und Protoplasma. in: Sitz-Ber. d. Ges. f. Morphol. u. Physiol. in München 4. Nov. 1902 u. 19. Mai 1903.
- KOLSTER, R. (1903): Zur Kenntnis der Embryotropie beim Vorhandensein einer *Decidua capsularis*. in: Anat. Hefte, MERKEL u. BONNET Abt. I Bd. 22 1903.

- LIST, TH. (1897): Über die Entwicklung von Proteinkristalloiden in den Kernen der Wanderzellen bei Echiniden. in: Anat. Anz. Bd. 14 Nr. 7 1897.
- LUCIANI, L. (1906): Physiologie des Menschen. (Deutsche Ausgabe.) Bd. 2. Jena 1906.
- MINGAZZINI, P. (1889): Ricerche sul canale digerente delle larve dei Lamellicorni fitofagi. in: Mitteil. a. d. zool. Station Neapel Bd. 9 Heft 1 1889.
- PENARD, E. (1905): Observations sur les amibes à pellicule. in: Arch. f. Protistenk. Bd. 6 1905.
- POPOFF, M. (1907): Depression der Protozoenzelle und der Geschlechtszellen der Metazoen. in: Arch. f. Protistenk., Suppl. I (Festband für R. HERTWIG) 1907.
- PROWAZEK, S. (1904): Degenerative Hyperregeneration bei den Protozoen. in: Arch. f. Protistenk. Bd. 3 1904.
- (1907): Ein Beitrag zur Genese des Pigments. in: Zool. Anz. Bd. 31 1907.
- RENGEL, C. (1897): Über die Veränderungen des Darmepithels bei *Tenebrio molitor* während der Metamorphose. in: Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 62 1897.
- SABUSSOW, H. (1908): Über Kristalloide in den Kernen von Epithelzellen bei Planarien. in: Zool. Anz. Bd. 33 Nr. 16 1908.
- SCHAUDINN, F. (1902): Studien über krankheitserregende Protozoen. I. *Cyclospora caryolytica* SCHAUD., der Erreger der perniziösen Enteritis des Maulwurfs. in: Arb. a. d. kais. Gesundheitsamte Bd. 18 Heft 3 1902.
- WALDBYER, W. (1906): Die Geschlechtszellen. in: O. HERTWIG's Handbuch der vergleichenden und experimentellen Entwicklungslehre der Wirbeltiere. Bd. 1 Teil 1 (Erste Hälfte) 1906.
- ZACHARIAS, E. (1907): Über die neuere Cyanophyceen-Literatur. in: Botan. Zeitung 65. Jahrg. 1. Sept. 1907.
- ZIMMERMANN, A. (1896): Die Morphologie und Physiologie des pflanzlichen Zellkernes. Jena 1896.
- ZOPF, W. (1884): Zur Kenntnis der Phycomyceten. in: Nova Acta d. Ksl. Leop.-Carol. Deutsch. Akad. d. Naturf. Bd. 47 1884.
- ZUELZER, M. (1904): Beiträge zur Kenntnis von *Diffugia urceolata* CARTER. in: Arch. f. Protistenk. Bd. 4 1904.

Tafelerklärung.

Tafel I.

Sämtliche Figuren beziehen sich auf *Aulacantha scolymantha* H.

Fig. 1. Totalbild einer Centralkapsel mit einem Teil des Phäodiums. Im Endoplasma eine Blase mit Fettkügelchen. Fixierung mit FLEMMING'scher Flüssigkeit. Ungefärbtes Präparat. Vergr. 185fach.

Fig. 2. Eine andere isolierte Centralkapsel. Neben dem eingedrückten Kern eine Blase, deren Fetteilchen durch die Reagentien aufgelöst sind. Eisessigsublimat. Salzsäurekarmin. Vergr. 185fach.

Fig. 3. Schnitt durch eine Centralkapsel wie in Fig. 2 dargestellt. FLEMMING'sche Flüssigkeit. Hämatoxylin und Eosin. Vergr. 220fach.

Fig. 4. Zwei Blasen mit Fettkügelchen im Endoplasma. Der Kern ist durch die Druckwirkung der Blasen stark deformiert. Am oberen Rande der Figur die Astropyle, unten rechts eine der beiden Nebenöffnungen. FLEMING'sche Flüssigkeit. Hämatoxylin und Eosin. Vergr. 220fach.

Fig. 5. Schnitt durch eine Centralkapsel mit den umgebenden Phäodiummassen. Im Endoplasma zahlreiche Blasen. Der Kern in Degeneration. Im Extracapsularium zwischen den Phäodellen ebenfalls einzelne Blasen mit Fettkügelchen. FLEMING'sche Flüssigkeit. Hämatoxylin und Eosin. Vergr. 220fach.

Fig. 6. Der Kern ist verschwunden. Zwischen den großen Blasen ist nur noch wenig in Zerfall begriffenes Endoplasma vorhanden. FLEMING'sche Flüssigkeit. Hämatoxylin und Eosin. Vergr. 220fach.

Fig. 7. An Stelle des Kernes eine Blase mit Fettkügelchen. In dem die beiden Schichten der doppelten Blasenwandung voneinander trennenden Zwischenraum ein glanzkörperartiges Gebilde. Das Endoplasma ist stark degeneriert. FLEMING'sche Flüssigkeit. Hämatoxylin und Eosin. Vergr. 220fach.

Fig. 8. Totalbild eines späteren Zustandes. Die die Blase ursprünglich umschließenden Endoplasmamassen sind vollständig verschwunden. Osmiumsäure. Salzsäurekarmin. Vergr. 185fach.

Fig. 9 u. 10. Zwei Schnitte aus einem etwas weniger weit fortgeschrittenen Stadium als in Fig. 8 dargestellt. Es sind noch geringe Reste des Endoplasmas vorhanden. Fig. 9 weist ähnlich wie Fig. 7 zwischen den Blasenwandungen ein glasartig durchsichtiges Körperchen auf. Fig. 10 zeigt, der inneren Blasenwandung angelagert, noch Reste der Kernsubstanzen. Die Fetteilchen sind gelöst. Eisessigsublimat. Salzsäurekarmin, Vergr. 220fach.

Fig. 11. Zwei glanzkörperartige Bildungen bei stärkerer Vergrößerung. Vergr. 500fach.

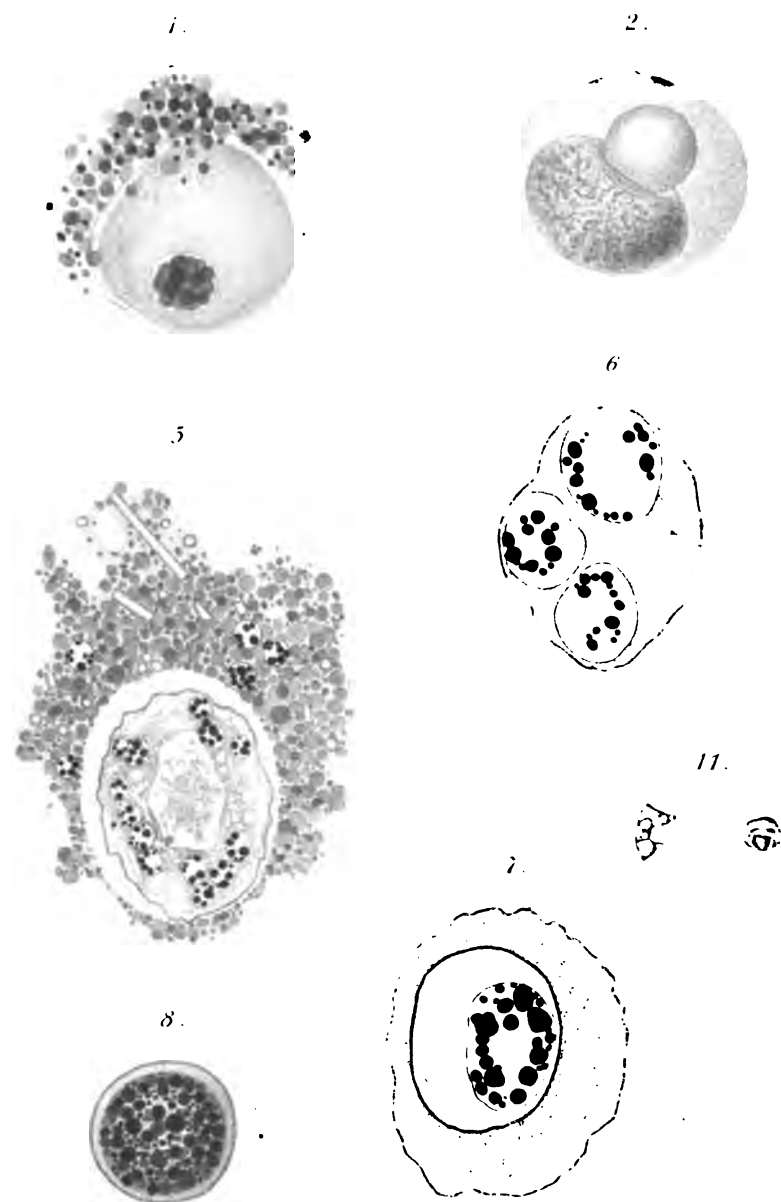
Fig. 12. Blase von Phäodiummassen umgeben; etwa gleicher Zustand wie in Fig. 8. Die Fettkügelchen sind gelöst, dagegen sieht man im Innern der Blase geringe Reste der Kernsubstanzen. Eisessigsublimat. Salzsäurekarmin. Vergr. 185fach.

Fig. 13. Blase mit Fettkügelchen aus dem Extracapsularium; in der Umgebung der Blase Phäodellen. Die Fettkügelchen sind hier in eine homogen erscheinende, sich mit Eosin färbende Substanz eingebettet. FLEMING'sche Flüssigkeit. Hämatoxylin und Eosin. Vergr. 500fach.

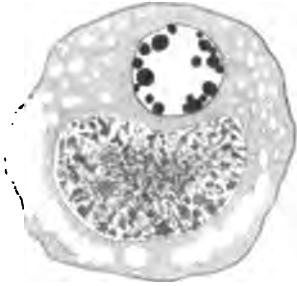
Fig. 14. Oberflächlicher Schnitt durch eine Blase mit dicht gelagerten, sich gegenseitig abplattenden Fettkügelchen. Osmiumsäure. Ungefärbtes Präparat. Vergr. 500fach.

Fig. 15. Endoplasmapartie mit einer einzelnen Blase und zahlreichen kleinen durch das Protoplasma zerstreuten Fettkörnchen. FLEMING'sche Flüssigkeit. Hämatoxylin und Eosin. Vergr. 500fach.

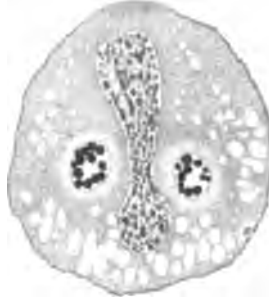
Fig. 16 u. 17. Fettkügelchen aus verschiedenen Blasen bei stärkerer Vergrößerung. Osmiumsäure. Ungefärbte Präparate. Vergr. 630fach.



3

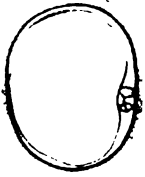


4



10.

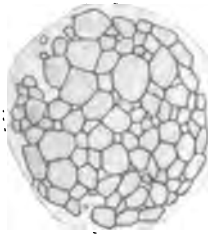
9.



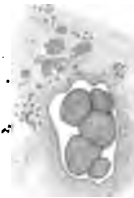
13



14.



15.



12.



16.



17





Die Süßwasserfauna Deutschlands.

Eine Exkursionsfauna

bearbeitet von

Prof. Dr. Böhmig (Graz), Prof. Dr. Brauer (Berlin), Prof. Dr. Collin (Berlin), Prof. Dr. Dahl (Berlin), Dr. van Douwe (München), Prof. Dr. von Graff (Graz), Dr. Grünberg (Berlin), Dr. Hartmeyer (Berlin), Prof. Dr. R. u. H. Heymons (Berlin), Prof. Dr. Jägerskiöld (Göteborg), Dr. Johansson (Göteborg), Dr. Keilhack (Berlin), Prof. Dr. Klapálek (Karlín b. Prag), F. Koenike (Bremen), Dr. Kuhlitz (Danzig), Dr. v. Linstow (Göttingen), Dr. Lühe (Königsberg), Prof. Matschie (Berlin), Prof. Dr. Michaelsen (Hamburg), Dr. Neresheimer (Wien), Dr. Pappenheim (Berlin), Prof. Dr. Reichenow (Berlin), E. Reitter (Paskau), Dr. Ris (Rheinau), Dr. Thiele (Berlin), Prof. Dr. Tornier (Berlin), G. Ulmer (Hamburg), Dr. Vávra (Prag), Prof. Dr. Weltner (Berlin)

und herausgegeben von

Prof. Dr. **BRAUER** (Berlin).

Inhaltsübersicht. Heft 1. Mammalia, Aves, Reptilia, Amphibia, Pisces. — Heft 2. Diptera. — Heft 3/4. Coleoptera. — Heft 5/6. Trichoptera. — Heft 7. Collembola, Neuroptera, Hymenoptera und Rhynchota. — Heft 8. Ephemeroidea, Plecoptera und Lepidoptera. — Heft 9. Odonata. — Heft 10. Phyllopoda. — Heft 11. Copepoda, Ostracoda, Malacostraca. — Heft 12. Araneae, Acarina, Tardigrada. — Heft 13. Oligochaeta und Hirudinea. — Heft 14. Rotatoria und Gastrotricha. — Heft 15. Nematodes, Gordiidae, Mermithidae. — Heft 16. Acanthocephali. — Heft 17. Trematodes. — Heft 18. Cestodes. — Heft 19. Hydrozoa, Spongia, Turbellaria, Bryozoa, Nemertini, Mollusca.

Heft 3/4: Coleoptera. Von Edmund Reitter. Mit 101 Figuren im Text. Preis: 5 M., geb. 5 M. 50 Pf.

Heft 5/6: Trichoptera. Von Georg Ulmer, Hamburg. Mit 466 Figuren im Text. Preis: 6 M. 50 Pf., geb. 7 M. 20 Pf.

Heft 12: Araneae, Acarina und Tardigrada. Von Friedrich Dahl, F. Koenike und A. Brauer. Mit 280 Figuren im Text. Preis: 4 M., geb. 4 M. 50 Pf.

Heft 13: Oligochaeta und Hirudinea. Von Prof. Dr. W. Michaelsen, Hamburg, Dr. L. Johansson, Göteborg. Mit 144 Figuren im Text. Preis: 1 M. 60 Pf., geb. 2 M.

Heft 15: Nematodes, Gordiidae und Mermithidae. Von Dr. L. A. Jägerskiöld, Göteborg, Dr. v. Linstow, Göttingen, Dr. R. Hartmeyer, Berlin. Mit 155 Figuren im Text. Preis: 1 M. 80 Pf., geb. 2 M. 20 Pf.

Jedes Heft ist einzeln käuflich. Den fertig vorliegenden Heften 3/4, 5/6, 12, 13 und 15 werden in kurzem die übrigen folgen. Die Hefte sind im Druck und das Ganze wird bis zum Herbst 1909 abgeschlossen sein.

Die blutsaugenden Dipteren. Leitfaden zur allgemeinen Orientierung, mit besonderer Berücksichtigung in den deutschen Kolonien lebenden Krankheitsüberträger. Von Dr. Karl Linberg, Assistent am zoologischen Museum in Berlin. Mit 127 Abbildungen. Text. 1907. Preis: 4 Mark 50 Pf.

2. Blatt für innere Medizin, Nr. 28, vom 13. Juli 1907:

Das mit 127 Abbildungen, die wohl meist nach der Natur gezeichnet und teilweise geradezu hervorragender Schönheit (z. B. Tabaniden) sind, geschmückte Buch ist hochkommen zu heißen, denn bei dem erfreulichen Erwachen kolonialen Verständnisses in dem Vaterland ist eine derartige mehr gemeinverständliche Behandlung des praktisch so wichtigen Themas in deutscher Sprache ein Bedürfnis.

Verlag von **Gustav Fischer in Jena.**

Ergebnisse und Fortschritte der Zoologie

herausgegeben von

Dr. J. W. Spengel,

Professor der Zoologie in Gießen.

— **Erster Band.** —

Inhalt des ersten Heftes: Valentin Haecker, Die Chromosomen als angenommenen Vererbungsträger. Mit 43 Abbildungen. — Richard Heymons, Die verschiedenen Formen der Insectenmetamorphose und ihre Bedeutung im Vergleich zur Metamorphose anderer Arthropoden. Mit 7 Abbildungen. — Otto Maas, Die Scyphomedusen.

Inhalt des zweiten Heftes: H. F. Nierstrasz, Die Amphineuren. Mit 22 Abbildungen. — Ulrich Gerhardt, Der gegenwärtige Stand der Kenntnisse von den Copulationsorganen der Wirbeltiere, insbesondere der Amnioten. Mit 16 Abbildungen.

Inhalt des dritten Heftes: Siegfried Becher, Die Stammesgeschichte der Seewalzen. Mit 12 Textfiguren. — Max Rauther, Morphologie und Verwandtschaftsbeziehungen der Nematoden und einiger ihnen nahestellter Vermalien. Mit 21 Textfiguren.

Jährlich erscheint ein Band in zwanglosen Heften im Gesamtumfang von etwa 40 Druckbogen.

— **Prels des Bandes: 20 Mark.** —

Unter dem Titel „Ergebnisse und Fortschritte der Zoologie“ ist hier eine periodische Publikation ins Leben gerufen, deren Aufgabe darin bestehen soll, aus der Feder bewährter Fachmänner Berichte zu liefern, die in zusammenhängender Darstellung ihren jeweiligen Gegenstand behandeln und von ihm eine dem gegenwärtigen Stande der Forschung entsprechende Schilderung geben, die das Neue und für den Fortschritt der Erkenntnis Bedeutsame hervortreten läßt und auch den Nichtspezialisten sowie den Freunden der Zoologie zugänglich macht. Hierbei soll keine Richtung der Forschung vor der anderen bevorzugt werden, sondern es wird für die Gesamtheit der Berichte anzustreben sein, möglichst allen ihren Seiten gerecht zu werden. Die Aufsätze sollen in keiner Weise den Charakter der üblichen Jahresberichte mit Wiedergabe des Inhalts der einzelnen Abhandlungen des verflossenen Jahres tragen, vielmehr über die Entwicklung und den Fortschritt der Zoologie größeren, je nach Umständen verschieden zu be-
den Zeiträumen Rechenschaft geben, wobei der
nicht als nüchterner Referent, sondern als selbst urteilender
seinen Stoff behandeln wird, erforderlichenfalls unterstützt durch
bildungen in Gestalt von Textfiguren.

Lippert & Co. (G. Pätz'sche Buchdr.), Naumburg a. S.

94

Borgert, A.

909

(4)

A. Borgert

1909

Neber faddings dagmunkation bei
Kudikarism.

Vortrag des Herrn A. BORGERT, nebst Demonstration:
Über fettige Degeneration bei Radiolarien.
(Mit 13 Figuren.)

Die Beobachtungen, über die ich hier nur in aller Kürze berichten will¹, machte ich gelegentlich meiner Untersuchungen über die Fortpflanzung der tripyleen Radiolarien, speziell bei *Aulacantha scolymantha* Haeckel. Zu einer gewissen Zeit fand ich unter meinem Material, und zwar gar nicht einmal ganz selten, in merkwürdiger Weise veränderte Exemplare der erwähnten Tripyleen-Art. Manche Individuen wiesen nämlich in ihrer Zentralkapsel eine oder mehrere blasenartige Bildungen auf, die in denjenigen Fällen, wo FLEMMINGSche Flüssigkeit oder andere osmiumhaltige Gemische zur Fixierung verwandt worden waren, zahlreiche mehr oder minder tief geschwärzte Kügelchen umschlossen. Die dunkeln Kügelchen, unter denen sich größere und kleinere befanden, zeigten sich stets peripher in einer Kugelschale unfern der Blasenwandung gelagert. War dagegen Eisessigsublimat zur Anwendung gekommen, so sah man zwar die Blasen erhalten, aber man vermißte in diesen Fällen die Einschlüsse in ihrem Innern. Bei derartig veränderten lebenden Tieren, wie sie mir allerdings leider nur zweimal zu Gesicht kamen, erschienen die sonst durch Osmiumsäure geschwärzten Kügelchen gelblich und stark lichtbrechend. Die angeführten Befunde, vor allen Dingen das Verhalten gegenüber den verschiedenen Reagentien ließen unzweideutig erkennen, daß es sich bei den erwähnten Einschlüssen um eine fettartige Substanz handelt. Doch will ich hierzu gleich noch bemerken, daß im vorliegenden Falle das Fett nicht, wie bei den Elaioplasten der Pflanzen oder der Ölkugel der koloniebildenden Radiolarien, an ein protoplasmatisches Substrat gebunden ist, denn die Fettkügelchen waren dort, wo eine Lösung stattgefunden hatte, gänzlich verschwunden, ohne eine Restsubstanz zu hinterlassen.

¹ Eine im Einzelnen ausführlichere Darstellung der Befunde wird im Archiv für Protistenkunde, Bd. 16, Heft 1 (S. 1—24, Taf. I) erscheinen.

Je nach der Lage und der Zahl der vorhandenen Blasen bieten die Aulacanthen einen recht wechselnden Anblick dar; auch die Veränderungen, die der Radiolarienkörper durch das Auftreten der in Rede stehenden Bildungen im einzelnen erfährt, lassen Verschiedenheiten erkennen.

Gehen wir aus bei der Betrachtung der Erscheinungen von einem normalen Individuum, so sehen wir in Fig. A die hauptsächlichsten Bestandteile des Tieres im Bilde wiedergegeben: die Zentralkapsel mit dem vom Endoplasma umgebenen großen, bläschenförmigen Kern, der die charakteristische radiäre Anordnung der Chromatinzüge zeigt

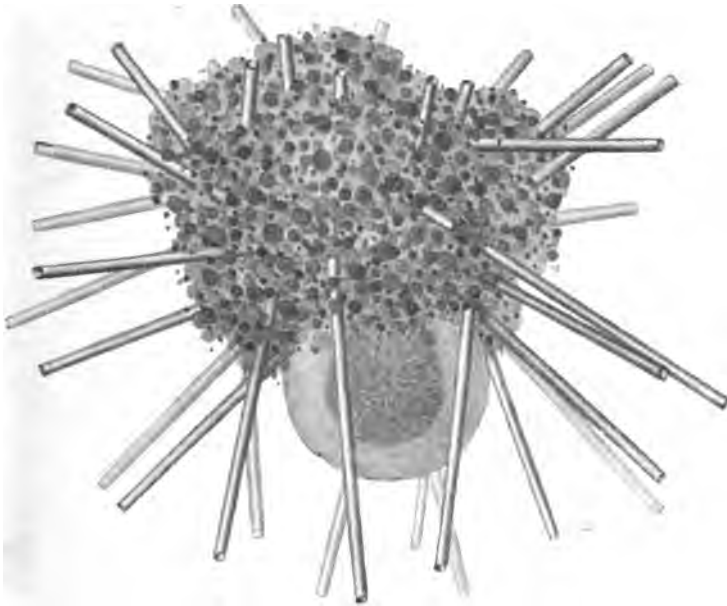


Fig. A.

und das Phaeodium, in dem die (in der Zeichnung abgebrochen dargestellten) Radialstacheln zusammenlaufen.

Die zweite Abbildung, Fig. B, gibt die gleichen Teile einer *Aulacantha* wieder, bei der eine einzelne große Blase vorhanden ist, die hier die Stelle des Kernes in der Zentralkapsel einnimmt.

Mehrere, und zwar fünf Blasen weist die in Fig. C abgebildete Zentralkapsel auf und in Fig. D endlich haben wir ein Exemplar mit zwölf derartigen Bildungen im Innern der Zentralkapsel vor uns. In den beiden letzteren Fällen gehören die Blasen dem Endoplasma an. Auf die Strukturveränderungen, die dieses wie auch der Kern erleidet, komme ich sogleich zu sprechen, es sei an

dieser Stelle nur noch auf die Erweiterung hingewiesen, die die Zentralkapsel durch das Auftreten einer größeren Zahl solcher Fettblasen erfährt.

Betrachten wir zunächst einen Fall genauer, bei dem nur eine Blase mit Fettkügelchen entwickelt ist, die ihre Lage neben dem Kern im Endoplasma hat. Zwei solche Zentralkapseln sind in Fig. *E* und *F* zur Darstellung gebracht. Besonders verweise ich auf die letztere Figur, der ein mit Eisessigsublimat fixiertes Exemplar zugrunde liegt. Hier befindet sich die Blase im oralen Teile der Zentralkapsel, etwas seitlich gelagert unfern der Hauptöffnung. Die

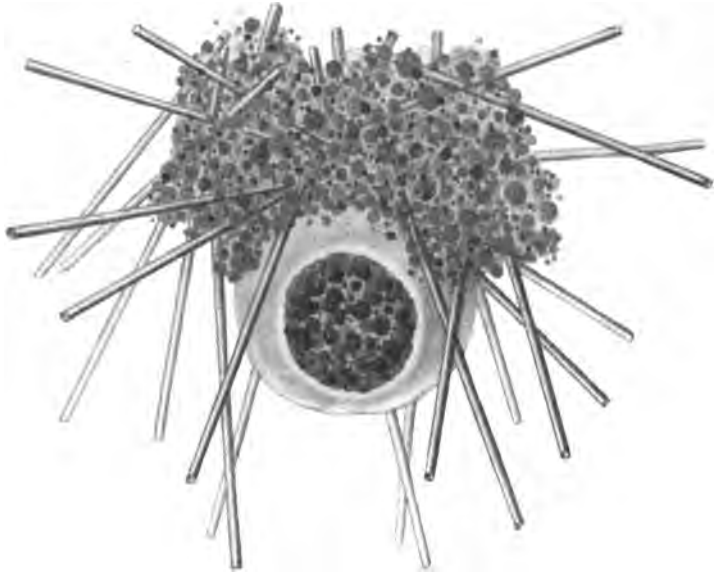


Fig. *B*.

Fettkügelchen sind gelöst, sodaß die Blase selbst ohne Einschlüsse erscheint. Der Kern der *Aulacantha* ist durch den Druck der Blase auf die Seite gedrängt und deformiert, er hat die Form eines einseitig eingebeulten Gummiballes angenommen.

Alle Einzelheiten treten deutlicher an Schnittbildern hervor, wie ein solches in Fig. *G* wiedergegeben ist. Die Blase mit den Fettkügelchen liegt im oberen Teile des Bildes. Wir sehen sie von einer dicken Membran nach außen zu abgeschlossen, die durch Farbstoffe kräftig tingiert wird. Bei dem lebenden Tiere ist offenbar der Hohlraum, soweit er nicht von den Fettkügelchen eingenommen wird, von einer wässerigen Flüssigkeit erfüllt. An Schnittpräparaten waren nicht einmal Gerinnselbildungen sichtbar. Was den Kern betrifft, so

zeigt er, abgesehen von der durch die Druckwirkung der Blase hervorgerufenen Gestaltsveränderung im übrigen noch deutlich den typischen Bau.

Ähnlich liegen die Dinge in dem Falle, den Fig. *H* zur Anschauung bringt, nur daß hier zwei auf entgegengesetzten Seiten des Kernes gelegene Blasen vorhanden sind. Die Folgen ihrer Anwesenheit machen sich an dem Kern in der starken Abflachung, bzw. Einbuchtung an den betreffenden Stellen bemerkbar, die auch hier auf den seitens der Blasen ausgeübten Druck zurückzuführen ist. Sonst ist sowohl am Kern wie auch an dem Endoplasma keine wesentlichere

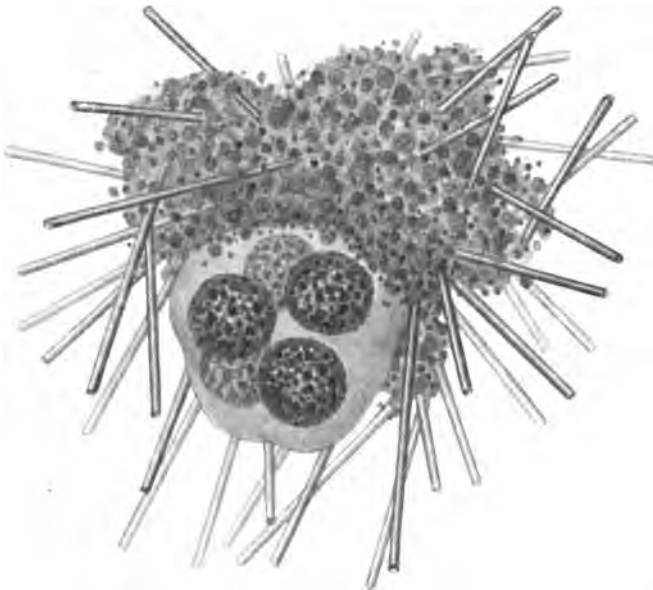


Fig. *C*.

Veränderung zu bemerken, nicht allein die Lamellenbildungen der Hauptöffnung erscheinen unverändert, auch die Parapylen, deren eine rechts unten in der Figur sichtbar ist, und die feineren Differenzierungen in der Umgebung des Bulbus zeigen noch ihr ursprüngliches Aussehen.

Wo die Blasenbildung im Endoplasma einen höheren Grad erreicht, sehen wir an den Bestandteilen der Zentralkapsel sich wesentliche Veränderungen vollziehen. Einen Fall dieser Art illustriert Fig. *I*. Der Kern ist in Zerfall geraten, an seiner Stelle finden wir eine große Vacuole mit spärlichen krümelig-faserigen Restteilen, zu denen sich hier und da noch ein dichteres und etwas stärker färbbares Chromatinkügelchen gesellt. Auch das Endoplasma

zeigt sich stark in Mitleidenschaft gezogen. Es ist aufgelockert und zu einer fast körnig erscheinenden Masse umgewandelt. Von den Differenzierungen an den Kapselöffnungen sind jetzt nur noch geringe Spuren nachweisbar.

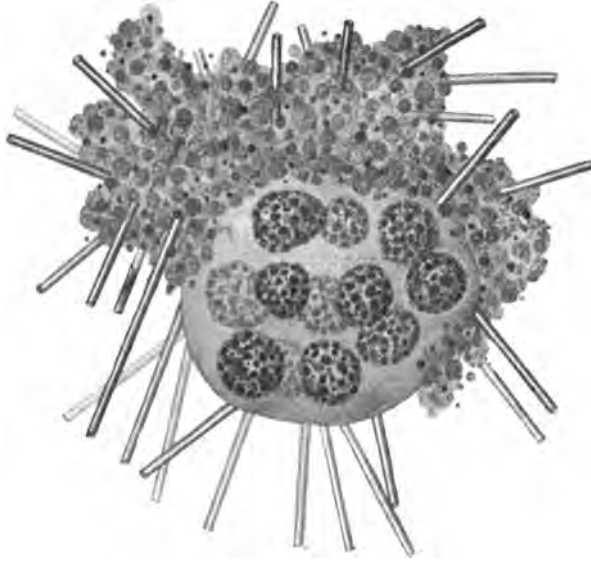


Fig. D.

Die weiteren Veränderungen führen nun dazu, daß die letzten Überbleibsel des zugrunde gehenden Kernes bald vollständig ver-



Fig. E.



Fig. F.



Fig. G.

schwinden und ebenso gerät auch das die Blasen umgebende Protoplasma mehr und mehr in Auflösung, so daß schließlich nur noch die Membran der Zentralkapsel ein Auseinanderfallen der Teile verhindert. Einen Schnitt durch eine solche Zentralkapsel gibt Fig. K wieder.

Fassen wir nun diejenigen Fälle etwas näher ins Auge, bei denen eine Blase mit Fettkügelchen an Stelle des Kernes selbst auftritt (vgl. Totalbild Fig. B), so gewahren wir hier gewisse Besonderheiten im Bau der Blase. Bei der Betrachtung eines Schnittes, wie ein solcher in Fig. L dargestellt ist, fällt zunächst das Vorhandensein einer doppelten Hüllmembran auf, die die Blase gegen die umgebenden Endoplasmamassen abschließt. Offenbar haben wir es bei der inneren feineren Schicht mit der Kernmembran zu tun, während die derbere äußere Hülle eine Bildung des Endoplasmas ist und der Membran der vorerwähnten Blasen entspricht. Es kommt weiter aber noch hinzu, daß der Hohlraum der Blase außer den Fettkügelchen auch noch eine geringe Menge protoplasmatischer Substanz

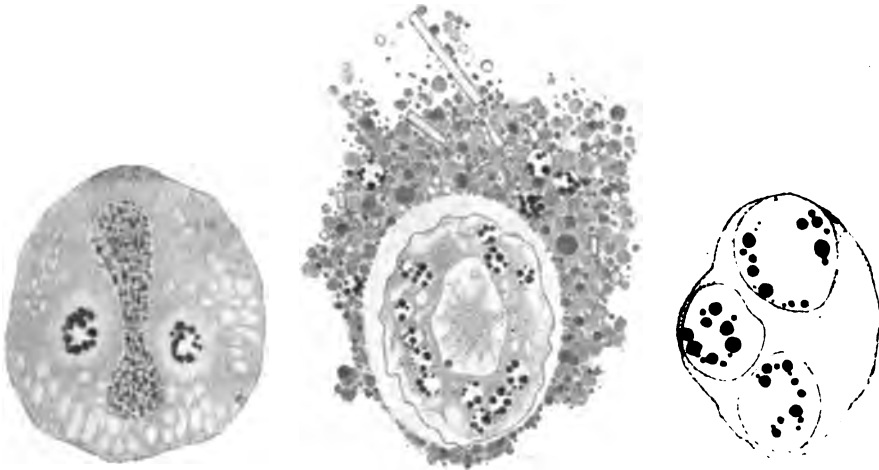


Fig. H.

Fig. I.

Fig. K.

umschließt, die sich einseitig der Wandung angelagert findet und in die ich stets ein kleines stärker färbbares, aus Resten der chromatischen Kernbestandteile gebildetes Kügelchen eingelagert fand. Diese Dinge sind aus dem Schnittbild Fig. M ersichtlich, wo allerdings die infolge der Vorbehandlung in Auflösung geratenen Fettkügelchen fehlen. Die Figur läßt gleichzeitig aber auch den weiteren Verlauf der Veränderungen erkennen, die sich an der Zentralkapsel vollziehen. Das Endoplasma, das in Fig. L bereits deutliche Anzeichen des Zerfalls, starke Auflockerung und ein körniges Aussehen aufweist, hat sich auf dem späteren Zustand der Fig. M zu einer dünnen unregelmäßigen Schicht reduziert. Auch die derbe Membran der Zentralkapsel ist verschwunden und statt ihrer bedeckt ein äußerst feines Häutchen die Protoplasmaschicht an ihrer Oberfläche.

Endlich kommt es sogar zu einem vollständigen Schwund der Endoplasmamassen, so daß wir jetzt die doppelwandige Blase mit ihren Fettkügelchen und den erwähnten Kernresten im Innern frei im Skeletthohlraum der *Aulacantha* liegen finden. Diesen Entwicklungszustand der Blase führt uns die Totalabbildung Fig. N vor Augen.

Allein, nicht nur Endoplasma und Kern werden von Veränderungen der geschilderten Art betroffen, es vollziehen sich unter Umständen auch ganz ähnliche Umwandlungen am Ectoplasma, indem auch in diesem Teile des Körpers Blasen mit Fettkügelchen auftreten können.

Einen Fall dieser Art illustriert Fig. I, bei der man innerhalb der Phäodiummassen fünf mit Fettkügelchen erfüllte Blasen bemerkt.

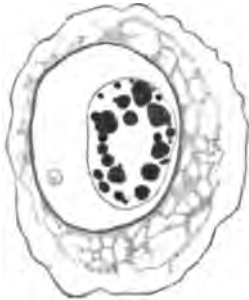


Fig. L.



Fig. M.



Fig. N.

Dabei ist jedoch zu erwähnen, daß das Auftreten dieser Gebilde im Ectoplasma nicht etwa einen besonders weit vorgeschrittenen Zustand im Prozeß der Blasenbildung bezeichnet, vielmehr fand ich solche Differenzierungen im Ectoplasma gelegentlich auch dort, wo der Inhalt der Zentralkapsel erst geringe Grade der Veränderung aufwies.

Es fragt sich nun vor allen Dingen, welche Deutung diese Zustände zu erfahren haben mögen. Zunächst läge der Gedanke wohl nicht ganz fern — wenigstens, wenn man die Umwandlungen des Kernes allein in Betracht zieht — daß es sich um Vorgänge handelt, die in irgend einer Beziehung zur Fortpflanzung, beziehungsweise zur Ausbreitung der Art, stehen. Man könnte annehmen, daß der Kernrest einen funktionsfähig bleibenden Nukleus darstelle und die Fettkügelchen einen Schwebapparat oder Reservestoffe für die späterhin entstehenden Schwärmer bilden.

Diese Annahme kann jedoch ernstlich kaum in Frage kommen, sobald wir auch die am Endoplasma und ebenso am Ectoplasma

sich abspielenden ganz ähnlichen Prozesse ins Auge fassen, die im ersteren Falle zu einem völligen Untergang des Kernes führen. So bleibt uns bei Betrachtung der Gesamtheit der Erscheinungen wohl nur die Erklärung, daß die geschilderten Veränderungen des Aulacanthens-Körpers als degenerative Prozesse, als Vorgänge fettiger Entartung zu deuten sind.

Wenn nun auch die fettige Degeneration des Zellplasmas eine wohlbekannte Erscheinung ist, die unter den verschiedenartigsten Umständen auftritt, so bietet dieser Vorgang in unserm Falle doch gewisse bemerkenswerte Besonderheiten dar. Im Gegensatz zu der Regel nämlich, daß das Fett in Form minimaler Körnchen erscheint und nur selten zusammenfließende größere Tropfen zur Beobachtung gelangen, traf ich bei *Aulacantha* nur ein einziges Mal jene feine, mehr staubartige Verteilung an.

Vor allen Dingen aber fällt die Zusammenlagerung der Fettkügelchen in Nestern auf, die sich mit einer derben Membran umgeben. So bietet sich uns ein von einem diffusen Entartungsvorgange verschiedenes Bild, indem wir einzelne Degenerationsherde entstehen sehen, die zur Entwicklung cystenartiger Gebilde Veranlassung geben. Der Kern wird dabei nur sekundär in Mitleidenschaft gezogen; er geht schließlich zugrunde durch die Schädigungen, die die protoplasmatischen Teile der Zelle erfahren.

Was nun die primäre Degeneration des Kernes betrifft, so sind Erscheinungen solcher Art an und für sich nichts neues; so kann — um nur ein paar Fälle zu erwähnen — die Vernichtung des Kernes mit der Entstehung von Kristalloiden im Zusammenhange stehen, oder es kann ein Chromatinschwund in Verbindung mit Glykogenbildung zu beobachten sein. Besonders auch aus der Reihe der Protozoen wären zahlreiche Fälle der Kerndegeneration anzuführen. Ich erinnere hier beispielsweise an die Beobachtungen R. HERTWIGS über physiologische Kerndegeneration unter Riesenkernbildung bei *Actinosphaerium*.

Als Bestandteil des Kernes, bzw. als Umwandlungsprodukt seiner Substanzen, nannte ich eben schon das Glykogen; auch über das Vorkommen von Fett im Zellkern liegen Notizen vor. Ich habe die darauf bezüglichen Angaben CARNOYS bisher nicht nachprüfen können; hinsichtlich der von HAECKER aus dem Triplylenkern beschriebenen »Fetträubchen« glaube ich jedoch angeben zu können, daß es sich hierbei nicht um Fett, sondern um die von mir als »Paranukleinkügelchen« angesprochenen Gebilde handelt.

Bei degenerativen Prozessen sehen wir dann auch weiter Pigment aus den Substanzen des Kernes hervorgehen. Eine fettige

Entartung des Kernes, bei der, wie bei *Aulacantha*, von geringen Spuren abgesehen, das ganze Kernmaterial in Fett umgewandelt wird, ist jedoch, soviel ich weiß, bis heute sonst nicht beobachtet worden.

Aber auch insofern noch sind die bei *Aulacantha* zu beobachtenden Erscheinungen der Degeneration von Interesse, als wir hier das Verhalten einer kernlosen Zelle beobachten können, die nicht etwa durch äußere Eingriffe ihres Kernes beraubt worden ist, sondern die, im übrigen unverletzt, durch innere Vorgänge diesen wichtigen Bestandteil verloren hat. Augenscheinlich vermag die Zelle auch nach Untergang des Kernes sich noch längere Zeit am Leben zu erhalten. Das ist daraus zu schließen, daß selbst bei kernlos gewordenen Individuen die lose zusammengefügt und bei dem Tod des Tieres leicht auseinanderfallenden Skelettstücke die äußere Form der *Aulacantha* noch gut bewahrt zeigen konnten.

Schließlich wäre noch die Frage zu erörtern, auf welche Ursachen die in Rede stehenden Degenerationserscheinungen zurückzuführen sein mögen. Hier sind zur Zeit allerdings nur Vermutungen möglich. Ich halte es für am wahrscheinlichsten, daß das Eintreten der geschilderten Veränderungen auf innere Ursachen zurückzuführen ist und daß diese in den Vorgängen der Fortpflanzung zu suchen sind, vielleicht in dem Versagen der regulatorischen Prozesse, mit deren Bestehen ich mich in meinen »Untersuchungen über die Fortpflanzung der tripyleen Radiolarien, Teil II« näher beschäftigte. Vorausgesetzt, daß diese Annahme zutrifft, würden hier demnach Erscheinungen vorliegen, in denen die Folgen gewisser Störungen des inneren Gleichgewichtes, einer ungünstigen Gestaltung des Verhältnisses der einzelnen Körpersubstanzen zu einander, zum Ausdruck kommen.

Borgert, A.
1900

3929.26

Ueberreicht vom Verfasser.

(5)

Untersuchungen über die Fortpflanzung der tripyleen
Radiolarien, speciell von *Aulacantha scolymantha* H.

I. Theil.

Von

Dr. A. Borgert,

Privatdocent der Zoologie an der Universität Bonn.

Hierzu Tafel 14—18 und 33 Textfiguren.

Abdruck

aus den

Zoologischen Jahrbüchern.

Abtheilung für Anatomie und Ontogenie der Thiere.

Herausgegeben von Professor Dr. J. W. SPENGEL in Giessen.

Vierzehnter Band, 2. Heft. 1900.

Ausgegeben am 31. December 1900.

Verlag von GUSTAV FISCHER in Jena.



Borgert, A.
1908

*Nachdruck verboten.
Üebersetzungsrecht vorbehalten.*

Untersuchungen über die Fortpflanzung der tripyleen Radiolarien, speciell von *Aulacantha scolymantha* H.¹⁾

I. Theil.

Von

Dr. A. Borgert,

Privatdocent der Zoologie an der Universität Bonn.

Hierzu Tafel 14—18 und 33 Textfiguren.

Einleitung.

Schon bevor ich die Bearbeitung der vom „National“ erbeuteten Tripyleen übernahm, war es mein Plan, die Fortpflanzungserscheinungen bei diesen interessanten Radiolarienformen einmal genauer zu untersuchen. Da bis dahin über diese Verhältnisse so gut wie nichts Näheres bekannt war, während bei andern Protozoen mittels der vollkommenern modernen Methoden und Instrumente gerade bezüglich der Fortpflanzungsvorgänge eine ganze Reihe interessantester Thatsachen festgestellt werden konnte, so erschienen mir die beabsichtigten Untersuchungen, bei denen es sich um das Verhalten von Kernen von so bedeutender Grösse handeln sollte, wie gerade unter den Tripyleen so viele sie besitzen, ganz besonders reizvoll. Die Beschäftigung mit der reichen Ausbeute an diesen Radiolarienarten, welche die Plankton-Expedition von ihrer Forschungsfahrt im Atlantischen Ocean heimbrachte, erregte natürlich mein Interesse an dem Gegenstande noch mehr. Da jedoch das mir zu Gebote stehende Alkoholmaterial für die Untersuchungen nicht genügte, so beschloss ich, nach Neapel zu gehen, wo ich nach den Erfahrungen Anderer hoffen durfte, geeignete grössere Formen in ausreichender Menge zu erhalten.

1) Eine vorläufige Mittheilung über die wesentlichsten Resultate dieser Untersuchungen wurde im Zoologischen Anzeiger gegeben (96a). Ein anderer kurzer Bericht erschien in den Verhandlungen der Deutschen Zoologischen Gesellschaft (96b), auf deren 6. Jahresversammlung in Bonn eine Anzahl den Gegenstand betreffender Präparate vorgelegt wurde.

Mit gütiger Unterstützung der Königl. preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, der ich für ihre Munificenz an dieser Stelle meinen ehrerbietigsten Dank mir auszusprechen erlaube, nahm ich im Frühjahr 1894 einen mehrmonatlichen Aufenthalt an der Zoologischen Station in Neapel, doch war in dieser Zeit das Plankton so arm an Phäodarien, dass an eine Lösung der Frage nicht zu denken war. Aehnlich erging es mir bei meinem Besuch der Station im folgenden Jahre. Als ich dann aber im Januar 1896 wieder mit den gleichen Absichten nach Neapel ging, hatte ich die Freude, schon wenige Tage nach meinem Eintreffen geeignetes Untersuchungsmaterial in reichlicher Menge zu erhalten. Es handelte sich dabei vor allen Dingen um *Aulacantha scolymantha* HAECKEL.

Die genannte Art wurde, besonders im März und April, an manchen Tagen in geradezu erstaunlicher Menge, erbeutet. Im Mai fand sie sich vielleicht nicht mehr ganz so massenhaft, doch war sie immerhin noch sehr zahlreich in den Fängen vertreten. Auch später muss diese Form noch recht häufig gewesen sein. Ich schliesse dies aus der nicht unbeträchtlichen Zahl von conservirten Exemplaren, die Herr Dr. Lo BIANCO nach meiner Abreise von Neapel mir zu übersenden die Liebenswürdigkeit hatte. — An *Aulacantha* habe ich in erster Linie meine Untersuchungen angestellt.

Bemerkenswerth ist übrigens die Thatsache, dass während der ersten Zeit ihres Auftretens die Aulacanthcn zahlreich an der Meeresoberfläche vorkamen, später aber sich gänzlich von derselben zurückzogen und nur in etwas tiefern Wasserschichten noch gefangen wurden.

Zu derselben Zeit, während der ich in Neapel durch Mangel an Phäodarien-Material mich zur Vornahme anderer Untersuchungen veranlasst sah, erhielt KARAWAIEW in Villafranca genügende Mengen von *Aulacantha*, um ein paar interessante Beobachtungen bei dieser Form machen zu können.

Was vorher über den Bau und die Fortpflanzung der Tripyleen bekannt geworden war, beschränkt sich auf dasjenige, was HAECKEL (62, 87, 88) und RICHARD HERTWIG (79) berichtet hatten. Nach den übereinstimmenden Angaben der genannten beiden Autoren besitzt der Kern dieser Radiolarien eine dünne Membran, die eine feinkörnige Grundmasse mit einer wechselnden Menge in dieselbe eingebetteter Nucleolen umschliesst. Die Gestalt und Grösse der Nucleolen wird als verschieden bezeichnet. In einzelnen Fällen sollen die Nucleolen Fortsätze an ihrer Oberfläche gezeigt haben, deren Vorhandensein durch

die Annahme amöboider Bewegungen derselben erklärt wird. Weiter wird angegeben, dass gelegentlich der ganze Kern von einem zarten Maschenwerk durchzogen gefunden wurde, in dessen Knotenpunkten die Nucleolen lagen. Beiden Forschern sind ferner wiederholt Exemplare mit 2 Kernen oder 2 mehr oder minder vollständig getrennten Centralkapseln begegnet, die von ihnen als Theilungsstadien gedeutet werden. Endlich nimmt sowohl HERTWIG als auch HAECKEL an, dass die Fortpflanzung bei den Phäodarien nicht nur durch Zweitheilung, sondern auch durch Schwärmerbildung erfolge, und zwar vermuthet HAECKEL, dass bei dem letztern Vorgang die Nucleoli des Phäodarienkerns unmittelbar zu den Kernen der Schwärmer oder aber zu den Mutterkernen derselben werden.

Während R. HERTWIG und HAECKEL sich auf die Untersuchung in toto beschränkt hatten, studirte KARAWAIEW die Kernverhältnisse genauer an Schnittpräparaten. Ihm gelang es zuerst, eine vollkommen zutreffende Schilderung von dem Bau des Kerns bei *Aulacantha* zu geben, sowie ferner das Vorkommen der mitotischen Kerntheilung für diese Form festzustellen. Allerdings waren es nur ein paar Stadien der letztern, deren Auffindung ihm glückte.

Nach KARAWAIEW (95, 96) ist im ruhenden Kern von *Aulacantha* das Chromatin in Form eines grob spongiösen Gerüstwerks durch den Kernraum vertheilt. Die vorbereitenden Schritte zu der mitotischen Theilung bestehen darin, dass das Chromatingerüst immer feiner wird und dasselbe allmählich, und zwar zunächst an der Peripherie des Kerns, in Fadenstructur übergeht. In einem etwas spätern Zustand lässt das gesammte Chromatin des Kerns diese Anordnung erkennen. Die im weitem Verlauf der Vorgänge sich vollziehende Längsspaltung des Chromatinfadens wurde gleichfalls bereits von KARAWAIEW beobachtet. Auch bemerkte er schon die zu dieser Zeit im Endoplasma auftretenden eigenthümlichen bläschenartigen Bildungen. Im Uebrigen fand der genannte Forscher nur noch Gelegenheit, das Stadium der Tochterplatten zu untersuchen, doch kamen ihm, ebenso wie R. HERTWIG und HAECKEL, ausserdem auch Exemplare mit 2 vollständig ausgebildeten Kernen in derselben Centralkapsel¹⁾, ferner Individuen mit in Theilung begriffener Centralkapsel, sowie endlich solche mit 2 oder mehr (bis 4) getrennten Centralkapseln zu Gesicht.

1) KARAWAIEW betrachtet diesen Entwicklungszustand als späteres Stadium der mitotischen Kerntheilung. Wie wir sehen werden, ist diese Deutung jedoch eine irrthümliche.

Technisches.

Ehe ich auf die Resultate meiner eigenen Untersuchungen eingehe, möchte ich einige Bemerkungen über das bei denselben eingeschlagene Verfahren und die Behandlung des Materials machen.

Nachdem ich mich überzeugt hatte, dass die Beobachtung lebender Aulacanthen schon wegen der Undurchsichtigkeit der Centralkapsel nicht zum Ziele führen würde, wandte ich mich fast ausschliesslich der Untersuchung conservirter Exemplare zu ¹⁾.

Die Conservirung des Materials geschah meistens auf See, unmittelbar nach dem Aufholen des Netzes, zuweilen auch am Land, gleich nach Rückkehr vom Fang ²⁾. Da ein Herausfischen der einzelnen Exemplare sehr umständlich und zeitraubend, auch wegen der unvermeidlichen starken Verdünnung der Fixirungsflüssigkeit durch das hinzukommende Seewasser nicht rationell gewesen wäre, so verfuhr ich in der Weise, dass ich den ganzen Inhalt des am untern Netze angebrachten Glasgefässes durch ein Stück Müllergaze filtrirte und die gesammten, auf dem Filter zurückbleibenden Organismen in die Fixirungsflüssigkeit übertrug. Zur Aufnahme der letztern wählte man am zweckmässigsten Gefässe von nicht zu engem Durchmesser, da sich in diesen die Planktonmassen schneller und gründlicher vertheilen lassen.

1) Nicht unerwähnt lassen will ich, dass ich mit einer Anzahl von Individuen den Versuch anstellte, ob dieselben sich in der Gefangenschaft weiter entwickeln würden. Als ich jedoch nach einer Woche sah, dass die Thiere zwar noch am Leben waren, eine Weiterentwicklung aber nicht stattgefunden hatte, ja im Gegentheil sich eine merkbare Grössenabnahme feststellen liess, wurde von weitem derartigen Experimenten Abstand genommen. Eine genauere Untersuchung der betreffenden Thiere zeigte, dass auch die intracapsularen Theile — hauptsächlich wohl in Folge Nahrungsmangels — degenerative Veränderungen erlitten hatten. Die Vacuolen im Endoplasma hatten bedeutend zugenommen, oder, was dasselbe sagt, die Protoplasmamasse hatte sich stark vermindert, so dass sie zwischen den Vacuolen nur noch feine Wände bildete. — Wie ich sehe, hat auch HERTWIG (79) schon vergeblich versucht, in Theilung begriffene Aulacanthen weiter zu züchten.

2) Durch vorheriges Absterben veränderte Exemplare scheinen sich unter dem Material KARAWALEW's befunden zu haben. Ich möchte z. B. annehmen, dass der von dem genannten Forscher (95, p. 295) beschriebene Kern, „in welchem das Chromatin so gleichmässig vertheilt war, dass er nur ein schwach wolkiges Aussehen hatte“, und der sich daher fast gar nicht färbte, von einem solchen vor der Fixirung in Zerfall gerathenen Thier herstammte.

Um ein geeignetes Fixierungsmittel aufzufinden, wurden Versuche mit verschiedenen Flüssigkeiten gemacht. Am wenigsten brauchbar erwiesen sich von diesen Pikrinschwefelsäure und Gemische von Sublimatlösung und Osmiumsäure. Bessere Resultate lieferte die von KARAWAIEW empfohlene Mischung von starker FLEMMING'scher Flüssigkeit und Eisessig, sowie die VOM RATH'sche Pikrinosmium-Platinchloridessigsäure. Im erstern Fall wurde die gegebene Vorschrift befolgt, d. h. die Aulacanthen wurden zunächst 1 Tag in der erwähnten Flüssigkeit belassen und darauf noch ebenso lange oder länger mit reiner Chromosmiumessigsäure nachbehandelt. Bei Anwendung des VOM RATH'schen Gemisches wurde in verschiedener Weise verfahren, indem die Thiere entweder aus der Fixierungsflüssigkeit direct in 70 proc. Alkohol überführt oder erst in Wasser ausgewaschen wurden. Die Einwirkungsdauer der Fixierungsflüssigkeit schwankte zwischen 10 und 30 Minuten; nachher wurden die Objecte bisweilen noch auf etwa ebenso lange in zu gleichen Theilen mit Wasser verdünnte VOM RATH'sche Flüssigkeit gebracht. Die Resultate zeigten keine merkliche Verschiedenheit, nur dürfte es sich empfehlen, von dem nachträglichen Auswaschen in Wasser Abstand zu nehmen, einerseits, da dies überflüssig ist, andererseits, weil ich bei dieser Behandlungsweise wiederholt grössere Schrumpfungem bemerkte.

So brauchbar sich auch die genannten beiden Flüssigkeiten im Allgemeinen sowohl hinsichtlich der Fixirung des Kerns wie des intracapsularen Protoplasmas zeigten, erwiesen sie sich doch für gewisse Zustände nicht als die geeigneten Mittel. Es traten einerseits nicht selten starke Schrumpfungem der äussern Form, in andern Fällen Verklebungen der chromatischen Substanz ein.

Diese Mängel veranlassten mich, später gänzlich von der Anwendung der FLEMMING'schen und VOM RATH'schen Flüssigkeit Abstand zu nehmen. Sehr gute Dienste hat mir dagegen ein Gemisch von concentrirter Sublimatlösung und Eisessig im Verhältniss 10 : 2 bis 3 geleistet. Bei Anwendung dieser Mischung behielten die Centrakapseln vollständig ihre pralle Form¹⁾, und, was viel wichtiger ist, die Kernbestandtheile wurden durch dieselbe in vorzüglicher Weise fixirt.

Aber es gab für mich ausser den schon erwähnten Gründen noch eine weitere Veranlassung, die Anfangs angewandten Fixierungsmittel

1) Es trat nie eine Schrumpfung und Abhebung der Centrakapselmembran vom Endoplasma ein, wie KARAWAIEW sie nach Einwirkung von Sublimat-Essigsäure beobachtet haben will.

'durch ein anderes zu ersetzen. Diese bestand darin, dass die Aulacanthen nicht nur für die Zerlegung in Schnitte vorzubereiten waren, sondern dass jedes Individuum gleichfalls für die Untersuchung in toto geeignet sein musste. Auch in dieser Beziehung verdiente die erwähnte Mischung von Sublimat und Eisessig vor den osmiumhaltigen Flüssigkeiten mit ihrer schwärzenden Wirkung den Vorzug¹⁾.

Sehr bald zeigte es sich nämlich, dass die meisten Theilungsstadien viel zu wenig zahlreich vorhanden waren, als dass es rationell gewesen wäre, die conservirten Exemplare ohne Auswahl zu schneiden; weiter kommt noch hinzu, dass ohne vorausgegangene Orientirung des Objects es nur vom Zufall abhängig ist, ob aus den erhaltenen Schnitten genauerer Aufschluss über die Structurverhältnisse des Kerns zu erlangen ist oder nicht.

Das Verfahren, welches ich unter diesen Umständen einschlug, war folgendes: Die in grosser Zahl aus den Fängen ausgesuchten Aulacanthen wurden in stark verdünntem Salzsäurekarmin, in welchem dieselben ca. 48 Stunden verblieben, gefärbt und aus absolutem Alkohol in kleinern Quantitäten zur Aufhellung allmählich in Nelkenöl übergeführt. Unter dem Mikroskop wurde eine Sichtung des Materials vorgenommen, wobei die für die weitere Untersuchung bestimmten Exemplare isolirt wurden. Bei den letztern wurde die Centralkapsel mittels feiner Nadeln herauspräparirt und entweder als Ganzes in Canadabalsam eingeschlossen oder für das Mikrotom vorbereitet. Das Isoliren der Centralkapsel ist in beiden Fällen anzurathen, weil sich die hohlen Nadeln des Skelets sehr oft mit Gasdämpfen anfüllen und dadurch die Untersuchung der im Innern gelegenen Theile sowie auch die Orientirung der zu schneidenden Exemplare sehr erschwert oder gar unmöglich gemacht werden kann. Für das Mikrotommesser bilden übrigens die dünnwandigen Röhren des Skelets kein Hinderniss.

Die Einbettung der Centralkapseln in Paraffin geschah im Uhrschälchen, und zwar in derselben Weise, wie ich dies bei einer frühern

1) Allerdings bleibt die Leistung des in Rede stehenden Fixierungsmittels, was die Erhaltung der intracapsularen Protoplasamassen betrifft, entschieden hinter derjenigen der FLEMMING'schen sowie vor allem der VOM RATN'schen Flüssigkeit zurück, von denen letztere beispielsweise auch die Structur der Hauptöffnung in einer Vollkommenheit wie keine der andern Mischungen conservirte. Bei Benutzung des Sublimat-Eisessiggemisches erhält das Endoplasma ein bedeutend lockerres Aussehen; es scheint ziemlich viel Substanz gelöst und ausgezogen zu werden.

Gelegenheit (97, p. 144) etwas ausführlicher beschrieben habe. Die Orientirung erfolgt dabei unter dem Mikroskop, indem durch Bewegen des Schälchens dem Object die gewünschte Lage gegeben wird. Durch Niederlassen des Glases auf den Objecttisch wird die untere Paraffinschicht zum Erstarren gebracht und die Centralkapsel in ihrer Lage fixirt. Dass zur Ermöglichung der Orientirung für jede Centralkapsel ein besonderes Uhrsälchen erforderlich ist, brauche ich wohl kaum zu erwähnen. Um zunächst wenigstens ungefähr die Schnittrichtung festzulegen, wurde auf der gelinde erhärteten Oberfläche des Paraffins eine Marke angebracht. Eine genauere Anzeichnung der Richtung geschah nach dem Loslösen der Einbettungsmasse aus dem Schälchen an der untern Fläche derselben.

Die Schnitte, deren Dicke in den meisten Fällen $5\ \mu$ betrug, wurden mit destillirtem Wasser „aufgeklebt“ und in verschiedener Weise gefärbt. Nach Anwendung von FLEMMING'scher und VOM RATH'scher Flüssigkeit, bei denen keine Färbung vor dem Einbetten stattgefunden hatte, lieferten mir KLEINENBERG's Hämatoxylin und MAYER's Parakarmin recht schöne Resultate. Bei den mit Sublimat-Eisessig fixirten Exemplaren wurde fast ausschliesslich, und zwar mit ausgezeichnetem Erfolg, die HEIDENHAIN'sche Eisenhämatoxylinfärbung angewandt. Hierbei wurde, ebenso wie bei Hämatoxylintinction, in den meisten Fällen mit Eosin nachgefärbt. Auch mit Parakarmin und Indigkarmin wurden hübsche Doppelfärbungen erzielt, es schien mir jedoch, als ob das Parakarmin im Allgemeinen mit weniger Vortheil als die andern Farbstoffe benutzt wurde. Wo das Chromatin Fadenstructur besass, machten die Fäden stets einen dickern, etwas verquollenen Eindruck. Aus diesem Grunde traten auch beginnende Längsspaltungen nur sehr schwach hervor. Vielleicht ist übrigens zum Theil auch der leuchtend rothe Farbenton und der geringere Contrast gegenüber den hell erscheinenden Spalten an den erwähnten Erscheinungen Schuld. Durch wunderbare Klarheit und Schärfe zeichneten sich dagegen die durch Eisenhämatoxylin erhaltenen Tinctionen aus. Dabei muss ich noch bemerken, dass die Vorfärbung mit Salzsäurekarmin — und ebenso Boraxkarmin, das ausnahmsweise für diesen Zweck einige Male zur Anwendung gelangte — den guten Ausfall der Eisenhämatoxylinfärbung in keiner Weise beeinträchtigte¹⁾.

1) Die Mischung von Salzsäurekarmin und Eisenoxydammoniak-Lösung besitzt einen ähnlichen schwarzen Farbenton, wie ihn das Eisenhämatoxylin aufweist.

Im Anschluss an das Vorstehende mögen hier noch ein paar Bemerkungen allgemeinerer Natur, sowie einige kurze Angaben über den Bau des Tripyleenweichkörpers, soweit solche zum Verständniss der weitem Ausführungen erwünscht sein dürften, ihren Platz finden.

Wie ich schon erwähnte, waren die meisten Theilungszustände verhältnissmässig selten, und wenn KARAWAIEW nur „zwei Stadien der Kernsegmentirung“ bei *Aulacantha* beobachten konnte, obgleich „einige Hunderte von Exemplaren“ für die Untersuchungen verwendet wurden, so liegt dies eben daran, dass die Zahl der Individuen noch viel zu gering war. Ich selbst habe über 20 Tausend Thiere auf Theilungszustände durchgesehen und hatte doch in Bezug auf einzelne Stadien noch eine äusserst geringe Ausbeute zu verzeichnen, andere habe ich dagegen in grösserer Menge erhalten. Allerdings mag auch, namentlich im Anfang, als der Blick für die verschiedenen Entwicklungszustände noch weniger geschärft war, manches Theilungsstadium der Beobachtung entgangen sein.

Dass manche Zustände von längerer Dauer sind und daher häufiger anzutreffen sein würden als andere schnell vorübergehende, war von vorn herein zu erwarten. Es zeigte sich ausserdem jedoch noch, dass auch zu verschiedenen Zeiten Unterschiede in Bezug auf die Häufigkeit bestanden. So fand ich gewisse Zustände ganz im Anfang meiner Untersuchungen, die später vollkommen fehlten, während mir andere wieder in der vorgerücktern Zeit reichlicher zu Gesicht kamen als zu Beginn des Jahres. Bei noch andern scheint es sich um an und für sich schon sehr seltene Vorgänge zu handeln, denn sie waren so spärlich vorhanden, dass einzelne Entwicklungsphasen überhaupt nur in 1 oder 2 Exemplaren aufgefunden wurden.

Es lag die Annahme nahe, dass möglicher Weise auch die Tageszeit von Einfluss auf die Häufigkeit der einzelnen Fortpflanzungsstadien sei, wie dies für andere Protozoenformen, so für *Ceratium*, *Euglena*, *Trichosphaerium* etc. festgestellt werden konnte. Obgleich ich für meine Untersuchungen zu verschiedenen Zeiten des Tages Material conservirt hatte, ohne bei der Durchsicht desselben in dieser Richtung einen Unterschied bemerken zu können, so schien mir immerhin der Versuch erwünscht, ob die betreffenden Zustände nicht vielleicht zu noch früherer oder auch späterer Stunde in grösserer Zahl erhalten werden könnten. Die Ausführung dieses Versuchs wurde mir durch die Leitung der Neapler Station mit grösster Bereitwilligkeit ermöglicht, doch hatte derselbe nicht den gehofften Erfolg, da weder in den kurz nach Tagesanbruch noch auch in den Abends nach Eintritt

der Dunkelheit gemachten Fängen ein reichlicheres Vorhandensein der gewünschten Stadien zu constatiren war.

Bezüglich der Bauverhältnisse des Tripyleenkörpers sei hier zur Orientirung nur Folgendes bemerkt.

Die Centralkapsel der tripyleen Radiolarien (Fig. A) ist meist von ellipsoidischer oder, wie z. B. bei *Aulacantha*, von annähernd kugeliger Gestalt¹⁾. An dem einen, dem oralen, Pole derselben befindet sich die Hauptöffnung oder Astropyle, deren Mündung in der Mitte eines uhrglas- oder brustwarzenförmigen Deckels, des Oeffnungshofs oder Operculums, gelegen ist. Diese Seite der Centralkapsel ist ferner noch durch das zum Extracapsularium gehörende Phäodium ausgezeichnet, das als braungrün gefärbte, aus Körnchen und Klumpen verschiedener Grösse zusammengesetzte Masse eine mehr oder minder umfangreiche kappenartige Bedeckung der Hauptöffnung und ihrer Umgebung bildet. Ausser der Astropyle sind noch 2 kleinere und complicirter gebaute Oeffnungen, die Nebenöffnungen oder Parapylen, vorhanden (Fig. B). Diese gehören der aboralen Hälfte der Centralkapsel an und finden sich in einiger Entfernung jederseits des aboralen Poles. Sie bestehen aus dem Bulbus, der an seiner Aussenseite den Oeffnungskegel trägt, und dem diesen umgebenden Oeffnungshals. Die Mündung der Parapyle befindet sich an der Spitze des Oeffnungskegels. Die die beiden Pole der Centralkapsel mit einander verbindende Axe bezeichne ich nach HAECKEL's Vor-

Fig. A.

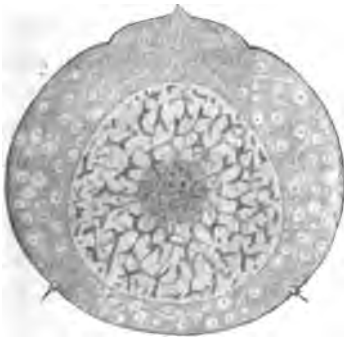


Fig. B.



Fig. A. Medianer Frontalschnitt durch eine Tripyleencentralkapsel. Ruhender Kern (etwas schematisch).

Fig. B. Nebenöffnung von *Aulacantha*, stärker vergrößert.

1) Die länglich runde Form einzelner der auf den Tafeln abgebildeten Schnitte ist auf die Druckwirkung des Mikrotommessers zurückzuführen.

gang als Hauptaxe, die Ebene, in der die 3 Oeffnungen liegen, als Frontalebene.

Die äussere Umhüllung der Centralkapsel wird von einer kräftigen Membran gebildet, die aus zwei Schichten, einer derbern Ectocapsa und einer feinern Endocapsa, besteht. Bei dem lebenden Thier erscheinen diese beiden Schichten nicht getrennt, da sie fest auf einander liegen. In der Umgebung der Hauptöffnung zeigt die Kapselmembran einen schwach verdickten Rand, während die Membran des Oeffnungsdeckels selbst eine etwas geringere Dicke besitzt.

Das von der Centralkapselmembran umschlossene Endoplasma lässt bei starker Vergrösserung eine alveoläre Structur erkennen, ausserdem ist es von einer Menge grösserer und kleinerer Vacuolen durchsetzt, die jedoch in der Nähe der Hauptöffnung, ebenso wie in der Umgebung der Nebenöffnungen, vermisst werden. Statt dessen bemerkt man bei jener unterhalb des Oeffnungsdeckels eine deutliche, nach der Mündung gerichtete Streifung, die, wie KARAWAIEW nachwies, von radiär gestellten Lamellen — nicht Fibrillen, wie man früher annahm — herrührt. Auch im Umkreis der Parapylen findet sich eine feine radiäre Streifung des intracapsularen Protoplasmas. Dieselbe hängt mit dem Vorhandensein zahlreicher feiner Fibrillen zusammen, die nach dem in das Endoplasma eingebetteten Bulbus der Nebenöffnung hin strahlenförmig zusammenlaufen. Die Vacuolen sind in ihrem Innern mit einer wasserhellen Flüssigkeit erfüllt. Diese umschliesst ein einzelnes oder mehrere zu einem kleinen Häufchen vereinigte Körnchen, deren Substanz HERTWIG als Fett anspricht. Neben den erwähnten Vacuolen finden sich im Endoplasma noch zahlreiche dünne, geschlängelte Canäle¹⁾.

Der im Innern der Centralkapsel gelegene, vom Endoplasma rings umgebene Kern besitzt ungefähr die gleiche Form wie die Centralkapsel, oder er ist von etwas mehr eiförmiger Gestalt, wobei die zugespitzte Hälfte desselben dem oralen Pole zugewendet ist. Die Lage des Kerns innerhalb der Kapsel ist keine genau centrale, sondern man findet ihn allgemein dem aboralen Pole der letztern etwas mehr ge-

1) Das Vorhandensein dieser Bildungen, die zuerst von KARAWAIEW beschrieben wurden, kann ich bestätigen. Sie waren gut zu sehen nach Fixirung mittels des von dem genannten Forscher vorgeschlagenen Gemisches; noch klarer traten sie nach Anwendung der VOM RATH'schen Flüssigkeit hervor. An den mit Eisessigsublumat fixirten Exemplaren waren dieselben weit weniger deutlich sichtbar. Sie sind in den Abbildungen der Tafeln fortgelassen worden.

nähert. Was den Bau des Kerns und seine Veränderungen in den verschiedenen Entwicklungsstadien betrifft, so werde ich sogleich Gelegenheit haben, auf diese Dinge näher einzugehen.

Als erstes allgemeines Resultat meiner Untersuchungen über die Fortpflanzung von *Aulacantha* möge hier angeführt sein, dass bei der genannten Art sowohl Zweitheilung als auch Schwärmerbildung nachgewiesen werden konnte, sowie ferner, dass bei dem erstgenannten Fortpflanzungsmodus sich beide Arten der Kerntheilung, die directe und die mitotische, feststellen liessen.

Ich werde mit der Darstellung der Zweitheilung und hier wieder zunächst der bei der mitotischen Kernvermehrung zu beobachtenden Vorgänge beginnen.

A. Zweitheilung mit mitotischer Kernvermehrung.

Als ich meine Untersuchungen an *Aulacantha* begann, hatte ich zunächst einige Mühe, mich in dem Durcheinander der mannigfaltigen sich darbietenden Entwicklungszustände zurecht zu finden. Zwar erkannte ich bald, dass die aufgefundenen Stadien verschiedenen Fortpflanzungsarten angehören müssten und dass bei der einen, nämlich der Zweitheilung, noch wieder einfache Halbirung des Kerns und Segmentirung zu unterscheiden sei. Aber auch damit war es noch nicht einmal gethan. So gelangten Kernstadien zur Beobachtung, die gewisse Eigenthümlichkeiten der mitotischen Theilung aufwiesen, aber dennoch nicht in den Verlauf der eigentlichen Mitose hineinpassten. Hier musste also noch eine besondere Complication der Verhältnisse vorliegen. Die nähere Untersuchung ergab, dass in diesem Falle zwei von einem bestimmten Punkte an sich trennende Entwicklungsreihen bestehen, die allerdings in ihren Endstadien wieder grosse Aehnlichkeit besitzen.

Jedoch auch abgesehen hiervon blieb noch manches Räthselhafte zu erklären übrig. So fanden sich — und zwar zu Zeiten verhältnissmässig gar nicht einmal selten — gleichfalls unzweifelhaft in nächster Beziehung zu der mitotischen Kerntheilung stehende Zustände, die trotzdem aber weder in den Gang des einen noch den des andern erwähnten Theilungsmodus einzureihen waren.

Ich will jedoch nicht vorausseilen, sondern nach einander die zusammengehörenden Stadien behandeln. Dabei möge zuerst der Her-

gang der bei der typisch verlaufenden mitotischen Kerntheilung¹⁾ sich abspielenden Erscheinungen geschildert werden. Die 4 Hauptabschnitte dieses ersten Theils der Untersuchungen betreffen: a) Kern und Endoplasma, b) die bläschenförmigen Einschlüsse des Endoplasmas, c) die Oeffnungen der Centralkapselmembran (Astropyle und Parapyle), d) die extracapsularen Körperbestandtheile.

a) Kern und Endoplasma.

Ruhender Kern. Im ruhenden Kern von *Aulacantha* (Taf. 14, Fig. 1; Taf. 15, Fig. 19) bildet das Chromatin ein den Kernraum durchsetzendes grob spongiöses Gerüst, das eine dichter gelagerte centrale Masse von unregelmässig begrenzter, rundlicher Form umschliesst. Das Maschenwerk im Umkreis der letztern zeigt einen mehr oder minder deutlich hervortretenden radiären Bau. Es besteht aus dickern und dünnern Strängen und enthält in seinen Knotenpunkten oft grössere verästelte Klumpen. An der Peripherie laufen die Stränge in unregelmässige Verzweigungen aus. So kommt es, dass man auf Schnitten die äussere Partie des Kerns mit zahlreichen isolirten Theilchen erfüllt findet. Allerdings ist es nicht nöthig, anzunehmen, dass alle diese grössern und kleinern Massen die abgetrennten Ausläufer jener Züge sind, vielmehr mögen auch manche derselben schon von vorn herein ausser Zusammenhang mit der Hauptmasse gewesen sein.

Die chromatische Substanz bietet meistens das Bild zusammenhängender, dichter, homogen erscheinender Massen mit fast ganz glatten Rändern dar, doch bemerkt man ausserdem überall noch kleine Partikelchen und Bröckchen, die sich gewöhnlich besonders reichlich in dem centralen Theil des Kerns vorfinden. Vereinzelt besitzen die Chromatinzüge ein mehr lockeres, körniges oder blasiges Aussehen (Taf. 16, Fig. 20), wobei ihre Ränder eine unterbrochene oder zackige Aussenlinie aufweisen.

Eigentliche Nucleolen sind nicht vorhanden, dagegen finden sich zwischen den Chromatinsträngen stets noch Kügelchen und Fasern aus andrer Substanz, die sich mit den angewandten Kernfärbemitteln nur

1) Der Ausdruck „typisch“ soll hier nur den Gegensatz zu andern, mit der mitotischen Kerntheilung zwar in gewisser Beziehung stehenden, aber doch unter ganz besondern Erscheinungen sich vollziehenden Kerntheilungsvorgängen andeuten. Wie aus den folgenden Ausführungen hervorgeht, weicht der betreffende Theilungsmodus von der Art der Kernvermehrung, wie man sie als „typische Mitose“ zu bezeichnen hat, in mehrfacher Hinsicht ab.

ganz schwach oder gar nicht tingirten. Was ihre stoffliche Beschaffenheit betrifft, so wird es sich dabei einerseits offenbar um Theile des Liningerüstes handeln, die nicht mit Chromatin überkleidet sind, andererseits wahrscheinlich um Paranuclein. Ich werde auf diese beiden Kernsubstanzen weiter unten zurückzukommen haben. Gelegentlich treten auch noch Niederschläge aus dem Kernsaft hinzu, wie ich sie besonders häufig nach Anwendung eines Gemisches von Sublimat und Osmiumsäure beobachtete, das sich überhaupt als sehr wenig brauchbar erwies.

Eine Kernmembran, die als zartes, sich nicht färbendes Häutchen stets deutlich nachweisbar ist, grenzt den Kernraum gegen das umgebende Endoplasma ab.

Vorbereitende Phasen. Die ersten Anzeichen der bevorstehenden Theilung treten in einer Veränderung des Chromatingerüstes zu Tage. An Stelle der dicken, verhältnissmässig nicht sehr reichlich vorhandenen Stränge treten in grösserer Zahl dünnere Züge auf, die jedoch gleichfalls die radiäre Anordnung weiterhin bewahren. Auch in dem centralen Theil des Kerns wird die Vertheilung der Chromatinmassen eine feinere (Taf. 14, Fig. 2). Das Chromatingerüst geht damit aus dem grob spongiösen in den fein spongiösen Zustand über. Der Vorgang der Vermehrung und Verfeinerung des Maschenwerks schreitet allmählich immer weiter fort und führt dahin, dass zunächst in den peripheren Partien des Kerns das Chromatingerüst Fadenstructur anzunehmen beginnt (Taf. 14, Fig. 3). Im weitem Verlauf beobachtet man, wie diese Umwandlung auch mehr im Innern Platz greift, wobei Anfangs noch in den Knotenpunkten sich eine grössere Anzahl reich verzweigter Klumpen erhalten zeigt (Taf. 14, Fig. 4), bis schliesslich der letzte Rest des spongiösen Maschenwerks verschwunden und an Stelle desselben allgemein die Fadenstructur getreten ist (Taf. 14, Fig. 5).

Knäuelstadium. Bis dahin zeigt sich der strahlige Bau des Kerns erhalten, dann verschwindet jedoch die radiäre Anordnung der chromatischen Substanz, deren Fadenwerk sich nun zu einem wirr durch einander geschlungenen Knäuel zurecht lagert (Taf. 14, Fig. 6).

Dass der Knäuel aus einem einzigen zusammenhängenden langen Faden bestehen sollte, halte ich für sehr unwahrscheinlich, vielmehr glaube ich, dass gleich von Anfang an eine Anzahl von Abschnitten vorhanden ist. Eine vollkommen sichere Entscheidung ist allerdings bei der grossen Dichtigkeit und dem Ineinandergreifen der Windungen nicht leicht möglich.

Zum Unterschied von dem vorausgegangenen Stadium hat jetzt der

Faden auch noch merklich an Dicke zugenommen. Betrachtet man ihn genauer, so bemerkt man, dass das Chromatin nur den äusseren Theil des Fadens, nämlich einen dichten Ueberzug an seiner Oberfläche bildet, der nicht auf der ganzen Strecke zusammenhängt, sondern in grössern und kleinern Abständen zahlreiche Unterbrechungen von wechselnder, bisweilen nicht unbedeutender, Länge aufweist, an denen der innere Strang frei zu Tage tritt¹⁾. Nicht immer, aber gelegentlich doch recht deutlich, kann man erkennen, dass das Chromatin des Fadens einzelne, wie die Perlen einer Perlschur an einander gereihte Kügelchen bildet.

Obgleich der von der chromatischen Substanz überkleidete Faden durch Eosin intensiv roth gefärbt wird und mithin eine Eigenschaft zeigt, die als charakteristisch für das Linin im Allgemeinen wohl kaum angesehen werden darf, so glaube ich doch die betreffende Substanz als solches ansprechen zu sollen²⁾.

Erwähnen muss ich übrigens noch, dass der Kern nicht durch und durch den gleichen Bau besitzt. Wie in den frühern Phasen zeigt derselbe auch noch in diesem Stadium die Eigenthümlichkeit, dass seine centralen Partien durch eine feinere Vertheilung der Massen ausgezeichnet sind. Ebenso ist zu bemerken, dass nicht der gesammte Vorrath von Linin und Chromatin in der Fadenbildung aufgegangen ist, sondern dass sich überall zwischen dem Fadengewirr diese Substanzen auch noch in Gestalt zahlreicher Klümpchen und Bröckchen zerstreut finden.

1) Dieses Verhalten ist auch in der Fig. 21 auf Taf. 16 zum Ausdruck gebracht worden, doch giebt die Reproduction die Einzelheiten des Originals nicht in der erwünschten Deutlichkeit wieder. Diejenigen Stellen, wo die erwähnte Erscheinung noch am klarsten zu erkennen ist, finden sich in der untern Hälfte der Figur an der rechten und linken Aussenseite.

2) Die erwähnte Rothfärbung durch Eosin trat nur nach Fixirung mit Eisessigsublimat und Eisenhämatoxylinfärbung auf, während die betreffende Substanz bei anderer Vorbehandlung durch Eosin vollkommen ungefärbt blieb. Dieses verschiedene Verhalten zeigt, dass man der Affinität gegenüber Farbstoffen für die Unterscheidung der verschiedenen Kernsubstanzen keinen allzu grossen diagnostischen Werth beimessen darf. Nicht nur wird man damit zu rechnen haben, dass die angewandten Reagentien die chemischen Eigenschaften ändern und damit die Tingirbarkeit oftmals nicht unbedeutend beeinflussen können, sondern auch, dass die Substanzen gelegentlich mit einander gemischt sein werden, dass Uebergänge und Zwischenstufen unter ihnen bestehen, so dass die Eigenschaften nicht immer rein zur Geltung kommen.

Ausser letztern bemerkt man ferner Mengen minimaler Kügelchen, die, zu grössern oder kleinern, bald unregelmässig gestalteten, bald wurstförmig gestreckten Haufen vereinigt, um einen Lininfaden herumgelagert sind (Taf. 16, Fig. 21).

Diese Kügelchen treten hier keineswegs neu auf, sondern sie lassen sich schon bei den vorhergehenden Stadien nachweisen, wo man ihr Vorhandensein bis zum ruhenden Kern zurückverfolgen kann¹⁾.

Ich habe die Substanz dieser Kügelchen, die durch Eisenhämatoxylin geschwärzt werden, Anfangs für Chromatin gehalten, glaube mich aber überzeugt zu haben, dass es sich um einen andern Stoff, wahrscheinlich, wie ich oben schon andeutete, um Paranuclein handelt. Differenzirt man nämlich bei der Färbung mit Eisenhämatoxylin stärker in der Eisenoxydammoniak-Lösung, so geben die Kügelchen bald ganz den aufgespeicherten Farbstoff ab und nehmen bei nachfolgender Behandlung mit Eosin einen rothen Farbenton an. Dass dieses Verhalten nicht etwa die Folge ihrer geringen Grösse ist, lässt der Umstand erkennen, dass Chromatinkörnchen von gleich kleinem Durchmesser vollkommen schwarz blieben. Auch bei Anwendung andrer Kernfärbemittel zeigten die Kügelchen gegenüber dem Chromatin ein abweichendes Verhalten, indem sie blasser als dieses gefärbt wurden und nach Einwirkung von Osmiumgemischen stark lichtbrechend erschienen.

Der eben geschilderte Kernzustand ist offenbar von sehr kurzer Dauer, denn ich habe nur ganz vereinzelte Exemplare in dieser Phase gefunden, fast immer liess der Chromatinfaden schon eine deutliche Längsspaltung erkennen, ja, ich bin nicht einmal ganz sicher, ob nicht überhaupt bei dem Uebergang in das Knäuelstadium die Spaltung des Fadens bereits angelegt wird. Selbst an den frühesten derartigen Kernzuständen glaube ich eine schwache Andeutung hiervon schon wahrgenommen zu haben. Allerdings wird man sich vor einer leicht möglichen Täuschung hüten müssen, indem nämlich das durchscheinende helle Linin wohl einen schmalen Spalt vortäuschen kann.

Die Spaltung des Chromatinfadens geht, wie dies an Metazoenkernen zuerst von FRITZNER (82) beobachtet und von KARAWAIEW auch für *Aulacantha* bereits ganz richtig angegeben worden ist, in der Weise vor sich, daß die einzelnen Chromatinkügelchen des Fadens sich theilen, so dass jede der beiden Hälften aus einer Reihe von Kügelchen zweiter

1) Bei den in schwächerer Vergrösserung abgebildeten ganzen Schnitten haben die Kügelchen wegen ihrer geringen Grösse nicht gut besonders angegeben werden können.

Ordnung gebildet wird (Taf. 16, Fig. 23). Da gleichzeitig mit dem Chromatin auch das Linin auf die beiden Spalthälften vertheilt wird, was man an den Stellen, wo der Chromatinüberzug fehlt, deutlich erkennen kann, so bleibt die Structur der Fadenhälften nach der Spaltung die gleiche, die der einfache Faden besass.

Stadium des segmentirten Knäuels. Ausser der Längsspaltung vollzieht sich an dem Chromatinfaden aber noch ein zweiter Process: es treten an demselben zahlreiche Einschnürungen auf, und dadurch dass die Massen sich in den einzelnen Abschnitten mehr und mehr concentriren, bilden sich eine grosse Menge kürzerer und dickerer, nur durch eine dünne Lininverbindung mit einander im Zusammenhang bleibender Segmente aus, an denen mit grosser Deutlichkeit die Zusammensetzung aus zwei parallel dicht neben einander her verlaufenden Fadenenden, den Tochterchromosomen, zu erkennen ist (Taf. 14, Fig. 7; Taf. 16, Fig. 22).

Ehe ich auf weitere Einzelheiten eingehe, muss ich hier noch eine den ganzen Kern betreffende Erscheinung nachtragen, nämlich die zu beobachtende, nicht unbedeutende Grössenzunahme, die derselbe seit Ausbildung des Fadenknäuels in Folge von Wasseraufnahme erfahren hat. Die Volumenvergrösserung beschränkt sich übrigens nicht allein auf den Kern, sondern betrifft in entsprechendem Verhältniss die ganze Centralkapsel. In Folge dessen kann man beim Durchsehen conservirten Materials diese Kernstadien leicht unter den andern herauskennen.

Nach Ablauf der geschilderten Vorgänge bietet der Kern ein von den vorhergehenden Stadien nicht unwesentlich verschiedenes Aussehen dar. Vor allen Dingen erscheint er in Folge der starken Concentrirung der Chromatinmassen sehr locker und durchsichtig. Ausserdem bemerkt man aber auch noch, dass die auf allen vorhergehenden Phasen durch ein feineres Gefüge ausgezeichnete Kernmitte sich in keiner Weise mehr von den übrigen Partien des Kerns unterscheidet, sondern überall die gleiche Structur besteht (Taf. 14, Fig. 7).

Die Chromatinabschnitte sind keineswegs alle von der gleichen Länge und Beschaffenheit, vielmehr besitzt ein Theil das Aussehen ziemlich langer einheitlicher Fäden, andere zeigen eine grössere oder geringere Anzahl von Unterbrechungen, so dass sie aus einer doppelten Reihe von bald mehr rundlichen, bald mehr gestreckten, paarweis immer gleichen, Gliedern bestehen, zwischen denen der sie durchziehende Lininfaden bloss liegt; wieder andere erscheinen als kurze paarige Stäbchen, oder sie bilden ringförmige Figuren. Dazwischen

finden sich noch zahlreiche Theilchen von wechselnder Grösse und Form. Hin und wieder sieht man auch Abschnitte des gespaltenen Lininfadens von bisweilen recht bedeutender Länge ohne jede Chromatinbekleidung und regelmässig ausser diesen Kernbestandtheilen, in manchen Kernen spärlicher, in andern sehr reichlich, die rundlichen oder gestreckten Haufen der kleinen Paranucleinkügelchen (Taf. 16, Fig. 22).

KARAWAIEW konnte an seinen Schnittserien, wie er sagt, nicht entscheiden, „ob bei *Aulacantha* ein einziger Chromatinfaden vorhanden ist, oder eine Anzahl derselben, von welchen dann jeder ein Chromosom oder Kernsegment darstellen möchte“; er nimmt also die Möglichkeit an, dass die in den Präparaten sichtbaren vielen Fadenenden nur die durch das Mikrotommesser von einander getrennten Stücke eines oder vielleicht auch mehrerer langer Segmente repräsentiren, während thatsächlich die Menge der Chromosomen eine ausserordentlich grosse und ihre Länge nur eine verhältnissmässig geringe ist. Dass diese Deutung die richtige ist, geht aus dem Umstande hervor, dass man die Enden der einzelnen Chromatinabschnitte in ganz bestimmter Weise abgerundet und vor allen Dingen durch zarte Lininfäden mit einander verbunden sieht, so dass die Schnittwirkung für ihre Entstehung gar nicht in Frage kommen kann.

Diese Einzelheiten der Kernstructur sind KARAWAIEW entgangen und können bei der von ihm angewandten Fixirungsmethode auch nur schwer wahrgenommen werden. Hierauf ist es ebenfalls zurückzuführen, dass er das Vorhandensein des Linins als Bindemittel zwischen den einzelnen Chromatinkügelchen der Fäden nur vermuthete, die Betheiligung dieser Substanz am Aufbau des Kerns jedoch nie direct hat beobachten können.

Es dürfte hier vielleicht der Ort sein, anknüpfend an das zuletzt behandelte Kernstadium, noch einige ergänzende Worte über die Wirkungsweise und Brauchbarkeit der von KARAWAIEW und mir hauptsächlich verwendeten Fixirungsmittel einzufügen.

Die im Vorstehenden gegebene Schilderung der Structurverhältnisse des Kerns bezieht sich, ebenso wie die dazu gehörigen Abbildungen, auf Exemplare, die mit Eisessigsublimat fixirt worden waren. Ein ziemlich abweichendes und weniger getreues Bild bietet ein Schnitt durch eine Centrankapsel in der gleichen Phase nach Fixirung mit der seitens KARAWAIEW's empfohlenen Mischung von FLEMMING'scher Flüssigkeit und Eisessig. Hier findet man fast stets, man vergleiche nur die von dem russischen Forscher gegebenen Abbildungen, die

Chromosomen aus den peripheren Partien nach der Mitte des Kerns zurückgewichen, wo sie auf einen kleinern Raum zusammengedrängt, viel dichter gelagert erscheinen, als dies den natürlichen Verhältnissen entspricht. In andern Fällen sind als Folge des sehr lockern Kerngefüges starke Schrumpfungen der äussern Form zu bemerken, wobei bald die ganze aborale Hälfte der Centralkapsel mit ihrer dünnen Endoplasmaschicht nach innen gedrückt ist, bald kleinere Stellen eingestülpt erscheinen, in beiden Fällen aber auch wieder die Kernsubstanzen eine mehr oder minder starke Zusammenpressung erfahren haben. Das eben Gesagte gilt nicht nur für das Chromosmiumessigsäure-Gemisch KARAWAIEW's, sondern in gleicher Weise auch für die VOM RATH'sche Flüssigkeit, die sich beide jedoch für die vorausgehenden Kernstadien als äusserst brauchbar erwiesen.

Allerdings hat man sich bei Anwendung von Eisessigsublimat-Mischungen vor dem geraden Gegentheil, d. h. vor Quellungen zu hüten, die durch zu reichlichen Zusatz von Essigsäure entstehen und dahin führen, dass an der Stelle des geringsten Widerstandes, nämlich an der ringförmigen Ansatzlinie des Oeffnungsdeckels, der Centralkapselinhalt hervorgepresst und der Kern nach dieser Richtung in die Länge gestreckt wird; aber bei richtiger Bemessung des Mengenverhältnisses beider Flüssigkeiten bleibt der Kern nicht nur in seiner äussern Gestalt wie seinen feinem Structuren aufs beste erhalten, auch in Bezug auf die leichte Färbbarkeit seiner Substanzen sind die Resultate viel günstigere als bei den chromsäure- und osmiumhaltigen Gemischen. Besonders gute Erfolge wurden bei denjenigen Kernphasen erzielt, wo sich das Chromatin zu Fäden angeordnet findet.

Gleich wirksam wie für die Fixirung der Kernstructuren zeigte sich das Eisessigsublimat-Gemisch aber ausserdem auch noch für die Erhaltung gewisser eigenthümlichen Bildungen, die von einem bestimmten Entwicklungsstadium an im Endoplasma, und zwar in Vacuolen desselben eingelagert, auftreten. Diese Vacuoleneinschlüsse, die KARAWAIEW zuerst beobachtet hat und die nicht verwechselt werden dürfen mit den am gleichen Orte sich findenden, aber längst bekannten „Fettkörnchen“, sind kugelige oder länglich runde, bläschenartige Gebilde von meist 2,5—3,5 μ Durchmesser, die von einer deutlichen Membran umschlossen sind und bald vereinzelt, oder doch nur in geringer Zahl, bald in gedrängten, den ganzen Hohlraum der Vacuole erfüllenden Massen angetroffen werden. Nicht selten sieht man grössere Ansammlungen, die durch die Vereinigung mehrerer

Vacuolen entstanden sind, wobei die Tendenz einer Anhäufung der Bläschen in der oralen Hälfte der Centralkapsel zu Tage tritt.

Nach Anwendung von Chromosmiumessigsäure und besonders der VOM RATH'schen Flüssigkeit weisen die Kügelchen starke Schrumpfung auf, so dass man bei dichter Lagerung derselben an den zerknittert aussehenden Massen bisweilen nur mit Mühe die Zusammensetzung aus einzelnen Bläschen erkennen kann. Hinzu kommt noch, dass diese bei der erwähnten Vorbehandlung keine Farbe annehmen. Hierdurch, oder durch eine gelinde Bräunung, fallen etwas grössere Mengen in den Präparaten schon bei schwacher Vergrösserung auf.

Bei Fixirung mit Eisessigsublimat bewahren die Bläschen dagegen ihre pralle Form, und es gelingt, dieselben, wenn auch nur ausserordentlich schwach, mit Eosin zu färben. Man erkennt alsdann ein von ihnen umschlossenes, um einen Schatten dunkler erscheinendes kernartiges Gebilde, dessen Nachweis KARAWAIEW nicht gelungen ist. Gelegentlich kann man im Innern der letztern Bildung noch wieder ein dunkleres Körperchen unterscheiden. In spätern Stadien sieht man die lockerer liegenden Bläschen bald einzeln, bald zu zweien oder dreien wieder von einer gemeinsamen Membran umschlossen. Diese grössern Blasen berühren sich und bilden so eine wabige Masse, wie ich sie mit ihren Einschlüssen in der Fig. 28 auf Taf. 16 dargestellt habe.

Das erste Auftreten der Bläschen fällt in die Zeit der Längsspaltung des Chromatinfadens; vorher sucht man vergeblich nach ihnen. Nach Beginn der Spaltung sieht man sie zunächst in geringer Zahl erscheinen, sobald dann aber dieser Vorgang weiter fortgeschritten ist, findet man sie in dichten Massen, bisweilen fast sämtliche Vacuolen erfüllend, vor (Taf. 14, Fig. 7). In keinem Falle habe ich die Bläschen in diesem Stadium ganz vermisst, obgleich sie nach KARAWAIEW's Ausführungen und Abbildungen manchmal auch sollen fehlen können. Da aber ihr Nachweis in der ersten Zeit wegen der geringen Zahl und der grossen Durchsichtigkeit der Bildungen nicht immer ganz leicht ist, so bin ich geneigt, zu glauben, dass sie in derartigen Fällen nur übersehen worden sind.

Kehren wir jetzt wieder zur Betrachtung der am Kern sich abspielenden Veränderungen zurück.

Unmittelbar nachdem die Spaltung der Chromosomen sich vollzogen hat, bemerkt man, dass die dadurch entstandenen Tochterfäden ihrerseits zu einer Längstheilung schreiten, deren Ebene senkrecht zu der ersten Theilungsebene steht. Betrachtet man einen Querschnitt

durch ein in Spaltung begriffenes Mutterchromosom, so sieht man, dass die beiden Tochterfäden nicht völlig drehrund, sondern parallel zur Spaltebene deutlich abgeflacht sind. Etwas später erkennt man auch schon den Beginn der zweiten Längstheilung, die sich durch eine rechtwinklig zu dem ersten Spalt verlaufende hellere Linie bemerkbar macht, so dass der Querschnitt des einzelnen Chromosoms jetzt das Bild eines viertheiligen Fadens bietet.

Noch zweifelloser als an Querschnitten, bei denen immerhin ein Irrthum leicht möglich ist, da ein ähnlicher Eindruck auch nach einmaliger Spaltung durch zwei Paare kurzer, dicht hinter einander in einem Faden liegender Chromatinabschnitte erweckt werden kann, tritt die doppelte Längsspaltung zu Tage, wenn man Gelegenheit hat, in der Ebene des Gesichtsfeldes verlaufende Fadenabschnitte in vortheilhafter Lage zu beobachten. Derartige günstige Fälle trifft man häufig bei etwas fortgeschritteneren Stadien an. Dies hängt damit zusammen, dass im weiteren Verlauf der Dinge die Tochterchromosomen bald anfangen aus einander zu rücken, während die Spaltheilfäden der letztern, die Enkelfäden, noch auf längere Zeit mit einander vereinigt bleiben. Für die Entscheidung der Frage, ob 2 Tochterchromosomen zusammengehören, d. h. demselben Fadenabschnitte entstammen, liefern selbst noch bei vorgeschrittenerer Trennung Längenverhältniss und Lagebeziehung derselben meistens sichere Anhaltspunkte.

Zweites Knäuelstadium. Nachdem die in Spaltung begriffenen Tochterchromosomen aus einander gerückt sind, beginnen sie sich in die Länge zu strecken, wobei gleichzeitig ihre Dicke abnimmt (Taf. 16, Fig. 24). Dadurch, dass sich die Fadenabschnitte ausserdem noch stark krümmen und durch einander schlängeln, entsteht ein zweites Knäuelstadium (Taf. 14, Fig. 8), das mit dem ersten das Gemeinsame hat, dass auch jetzt wieder die Mitte des Kerns von feiner vertheilten Massen eingenommen wird. Ein bedeutender, sofort in die Augen fallender Unterschied besteht jedoch zwischen diesem Kernzustande und dem ersten Knäuelstadium: die Form des Kerns ist eine ganz andere geworden. Derselbe hat sich nämlich zu einem flachen Körper abgeplattet, der im spitzen Winkel zur Frontalebene die Centralkapsel von der Astropyle nach der entgegengesetzten Seite durchzieht, wobei er zuweilen mit seinem Aussenrande bis nahe an die Membran der Centralkapsel herantritt. Die Dicke der Scheibe ist in der Mitte am grössten und nimmt nach dem Rande zu ab, so dass also der Kern auf diesem Stadium den Querschnitt einer Linse zeigt. Von der Fläche gesehen ist der Anblick ein recht verschiedener. Nur

selten ist der Umriss annähernd kreisförmig, gewöhnlich findet man in der Mitte der aboralen Seite eine Einbuchtung, die bald nur als kleiner, wenig bemerkbarer Ausschnitt, bald in Gestalt eines flach gestreckten oder auch stark gekrümmten Bogens entwickelt ist (Fig. C). Die auf diese Weise gebildeten beiden Fortsätze an der aboralen Hälfte des Kerns liegen nicht immer in einer und derselben Ebene (Fig. F), sondern sie zeigen oftmals eine mehr oder minder bedeutende, nach entgegengesetzter Seite gerichtete Verbiegung, wodurch die



Fig. C.



Fig. D.



Fig. E.



Fig. F.



Fig. G.

Scheibe eine windschiefe Form erhält (Fig. G). In andern Fällen, in denen die Einbuchtung fehlt, ist die Flächenansicht des Kerns die eines Dreiecks mit abgerundeten Ecken, dessen Spitze der Hauptöffnung zugewendet ist. Ausser den eben erwähnten beobachtet man noch andere Kernformen, bei denen der aborale Theil eine abgerundete Form besitzt, während die orale Partie in Gestalt eines breiteren, runden oder spitzeren kegelförmigen Fortsatzes ausgebildet ist (Fig. D und E). Ich habe in den Figg. C—G nur einige dieser verschiedenen Kernformen wiedergegeben, die Mannigfaltigkeit im Einzelnen ist eine viel grössere.

Am abweichendsten sind die beiden letzterwähnten Kernformen (Fig. D und E), deren absonderliche Gestalt sich jedoch auf eine bestimmte Ursache zurückführen lässt. Schon an dem Totalpräparat einer derartigen Centralkapsel macht sich nämlich in der oralen Hälfte derselben, bei seitlicher Ansicht jederseits rechts und links der Haupt-

axe, eine meist länglich runde Stelle bemerkbar, die durch eine hellere, durchsichtigere Beschaffenheit von dem umgebenden Endoplasma unterschieden ist. Bei näherem Zusehen erkennt man, dass sich in der bezeichneten Gegend ein ganzer Ring befindet, dem die besagte Eigenschaft zukommt und von dem die beiden helleren Stellen herrühren.

Diese eigenthümliche Bildung verdankt ihren Ursprung den bläschenförmigen Einschlüssen, von denen weiter oben die Rede war. Dieselben haben sich inzwischen sämmtlich in der oralen Hälfte der Centralkapsel angehäuft, wo sie unter Verschmelzung der sie umschliessenden Vacuolen zu einer ringförmigen Ansammlung zusammengetreten sind (Taf. 16, Fig. 25—27). Der durch unregelmässige Contouren begrenzte Ring lässt seine Entstehung aus einzelnen Vacuolen meist deutlich erkennen, auch findet man mit Einschlüssen erfüllte Vacuolen oft noch von der Hauptmasse getrennt, im Endoplasma liegend.

Die umfangreichen Einlagerungen bleiben nicht ohne Einfluss auf die Gestalt des Kerns, der, in seiner oralen Hälfte der Möglichkeit einer breiteren Entfaltung beraubt, jene zugespitzten Formen annimmt, wie sie die Figg. D und E zeigen.

Es ist hier noch besonders hervorzuheben, dass sowohl in diesem Stadium als auch den folgenden in der Mehrzahl der Fälle der orale Ring mit seinen Bläschen fehlte, ja, überhaupt in keiner der Vacuolen des Endoplasmas die Einschlüsse mehr nachzuweisen waren. Da dieselben auf der vorausgegangenen Entwicklungsstufe bei sämmtlichen von mir untersuchten Exemplaren angetroffen wurden, also ursprünglich nicht etwa nur dem kleinern Theil der Individuen zukommen, so würde die Frage entstehen, was mit diesen Gebilden vorgegangen ist. Ich werde auf diesen Punkt im nächsten Capitel zurückkommen.



Fig. H.

Umordnung der Chromosomen zur Aequatorialplatte. Wenden wir uns nun wieder den feinern Structurverhältnissen des Kerns zu, so sehen wir auf den zuletzt beschriebenen, als zweites Knäuelstadium bezeichneten Zustand bald einen andern folgen, der sich zwar bei äusserlicher Betrachtung kaum von jenem unterscheidet (Fig. H), der aber bei genauerer Untersuchung doch gewisse, nicht unwesentliche Unterschiede erkennen lässt.

Die Chromatinfäden, die bisher ein unregelmässiges, buntes Gewirr bildeten, lagern sich jetzt nämlich parallel zu einander in der Weise, dass sie, wenn auch vielfach geschlängelt und Schleifen von

der mannigfachsten Form bildend, doch in ihrem hauptsächlichsten Verlauf den linsenförmig abgeplatteten Kern quer, also in der Richtung von einer Fläche zur andern durchsetzen (Taf. 14, Fig. 9 u. Taf. 17, Fig. 29). Allerdings gilt das Gesagte allgemein nur von dem mittlern, dicken Theil des Kerns, wo die Fäden stets annähernd senkrecht zu den Flächen stehen, während sie nach den dünnern Rändern zu bisweilen einen schrägen, nach dem Mittelpunkt der Seitenflächen convergirenden Verlauf aufweisen. Bemerken will ich nebenbei auch noch, dass sich die Umlagerung der Fäden am spätesten an den Rändern zu vollziehen scheint, denn, wenn in den mittleren Partien des Kerns dieser Vorgang bereits ziemlich weit fortgeschritten war, zeigten die dünnen Kanten oft noch deutlich das regellose Durcheinander des Knäuelstadiums oder doch erst Spuren der beginnenden Umordnung der Fäden.

Die Fäden erstrecken sich nicht continuirlich von einer Seite zur andern, sondern es besteht in den centralen Theilen des Kernquerschnitts eine Unterbrechung. An dieser Stelle finden sich statt der Fäden eine Unmenge kürzerer Chromatinabschnitte und Bröckchen, zwischen denen auch hier noch jene Haufen von kleinen Kügelchen zu bemerken sind, deren Substanz ich als Paranuclein anspreche. Diese Massen bilden eine Schicht, in welche die Fäden von beiden Seiten her mehr oder weniger tief hineinragen.

Noch eine weitere Veränderung geht in dieser Periode an dem Kern vor. Während in den vorhergehenden Stadien stets eine deutliche Membran vorhanden war, die den Kernraum gegen das umgebende Endoplasma abgrenzte, verschwindet dieselbe zu der Zeit, wo sich die eben geschilderten Umlagerungen der Chromatinfäden vollziehen, so dass jetzt die Endoplasmamassen der Centralkapsel mit dem Kerninnern in directe Communication treten. In Folge hiervon und weil von den Kernfäden einzelne nach aussen zu über die benachbarten vorspringen, andere hinter ihnen zurückbleiben, zeigt der Kern jetzt auch nicht mehr die glatte, ununterbrochene äussere Begrenzungslinie, wie er sie früher besass.

Stadium der Aequatorialplatte. Nach Ablauf dieser Vorgänge rücken die Chromosomen von beiden Seiten her nach der Mittellinie zusammen, wobei ihre Lagerung eine noch ausgesprochener parallele wird, als sie es vorher war. Gleichzeitig ändert sich auch die Gestalt der ganzen Scheibe. Indem der zwischen der Mitte und den Rändern bestehende Dickenunterschied verschwindet, formt sich dieselbe zu einem flachen Körper von überall gleichmässiger Dicke um,

der bei gleichzeitiger Zunahme seines Durchmessers mit dem Aussenrand in den meisten Fällen bis an die Membran der Centralkapsel herantritt oder doch nur an einzelnen Punkten, so vor allem an der aboralen Seite, oder unter gewissen Umständen an bestimmten Stellen der oralen Hälfte, einen Zwischenraum zwischen sich und der Membran lässt.



Fig. J.



Fig. K.

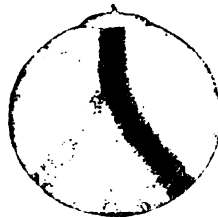


Fig. L.



Fig. M.

Damit ist das Stadium der Aequatorialplatte erreicht (Fig J—M; Taf. 14, Fig. 10). Die Form der Platte weist, wie schon angedeutet, bei den einzelnen Individuen Verschiedenheiten auf. Als in allen Fällen vorhanden, kann die windschiefe Krümmung der Platte angeführt werden. Schon auf einer frühern Stufe (vgl. Fig. G) zeigt sich häufig, aber noch nicht immer, eine Anlage hierzu. Auch später tritt die Verbiegung in sehr verschiedenem Maasse auf. Betrachtet man die Platte in bestimmter Lage von der Kante her, so sieht man die Ränder derselben eine 8förmige Figur beschreiben (Fig. K), die je nach der Stärke der Krümmung, d. h. je nachdem Vorder- und Hinter- rand sich unter einem mehr spitzen oder stumpfen Winkel kreuzen, bald schlanker, bald gedrungener erscheint. Bei anderer Orientirung erhält man von den eben geschilderten abweichende Bilder (Fig. J und L), wobei denn auch wieder der wechselnde Grad der Krümmung der Platte Unterschiede bedingt.

Die Art der Krümmung ist jedoch, wie ich noch hervorheben muss, überall die gleiche. Bei einer Lage der Centralkapsel, wie sie die Textfiguren zeigen, und ebenso nach Drehung der Hauptaxe in der Ebene um 180° , wird man den dem Beschauer zunächst liegenden Rand der Scheibe stets von oben links nach unten rechts verlaufen, oder bei stärkerer Biegung der Platte, ihn oberhalb der Mitte einen nach rechts, unterhalb derselben einen nach links geöffneten Bogen bilden sehen. Betrachtet man die Centralkapsel vom oralen oder aboralen Pole her, so sieht man bei aufrecht stehender 8 die vordere Kante der Platte in ihrer obern Hälfte einen nach links, in ihrer

unteren Hälfte dagegen einen nach rechts zu offenen Bogen beschreiben.

Wenngleich in der Mehrzahl der Fälle die Aequatorialplatte eine runde Scheibe darstellt, die höchstens an der aboralen Seite einen flachen Ausschnitt aufweist, so finden sich doch auch nicht selten ziemlich abweichende Formen, so beispielsweise bei denjenigen Individuen, bei denen die Centralkapsel die früher besprochenen Einschlüsse enthält. Unter dem Einfluss der zu einem oralen Ring zusammengelagerten Bläschenmassen nimmt die Aequatorialplatte eine ähnliche merkwürdige Gestalt an, wie sie die in Fig. M abgebildete Centralkapsel zeigt, wo sich unter der Hauptöffnung in Folge der seitlichen Einengung ein fast viereckiger Abschnitt an der im aboralen Theile stark gedrehten Platte gebildet hat.

In einem Falle wurde eine abnorm entwickelte Aequatorialplatte angetroffen. Sie zeigte in so fern eine abweichende Form, als sie einen dreitheiligen Bau besass. Die 3 in der Hauptaxe der Centralkapsel zusammenstossenden Flügel bildeten mit einander gleiche Winkel.

Auf Querschnitten zeigt die Aequatorialplatte entsprechend dem verschiedenen Grade ihrer Drehung an den Seiten bald fast geradlinige, bald stark S-förmig gekrümmte Begrenzungslinien (Taf. 14, Fig. 10). Wie wir gesehen haben, besteht die Platte aus einzelnen, parallel neben einander gelagerten, fadenförmigen Chromosomen. Diese sind nicht alle von der gleichen Länge; da aber die längern unter ihnen alle etwa bis zu der gleichen Entfernung von der Mittellinie reichen, so erhält die Platte dadurch doch als Ganzes ein gleichmässig dickes Aussehen. Ein ähnliches Verhalten wie die äussern zeigen auch die nach der Mittellinie der Platte gerichteten Enden der Fäden. Wenn auch manche unter ihnen bei dem Zusammenrücken von den Seiten her mehr oder weniger weit über die Mitte hinausgetreten sind, so bleibt doch meistens, wenngleich in den einzelnen Fällen verschiedenen deutlich ausgeprägt, die Ebene erkennbar, wo die Chromosomen der gegenüber liegenden Seiten zur Berührung mit einander gekommen sind (Taf. 17, Fig. 30—32).

Wird schon dadurch, dass nur ein Theil der Chromosomen eine bedeutendere Länge besitzt und seitlich weiter hervorragt, bei der bestehenden Anordnung eine grössere Dichtigkeit der innern Partien der Platte gegenüber den äussern Schichten bedingt, so wird dieser Unterschied noch erhöht durch die vielen kleinen Chromatintheilchen, die, wie in den frühern Stadien, so auch hier, die mittleren Theile des

Querschnitts erfüllen. Nur vermisst man von jetzt an die Haufen von Paranucleinkügelchen. Forscht man ihrem Verbleib nach, so bemerkt man, dass die Ballen aus einander gefallen sind und die Kügelchen sich zerstreut haben. Auf beiden Seiten der Aequatorialplatte findet man sie durch das Plasma vertheilt.

Bezüglich der Chromosomen ist zu bemerken, dass mit ihrem Zusammenrücken zur Aequatorialplatte und ihrer mehr parallelen Anordnung auch ein Rückgang in ihrer Schlingelung eingetreten ist. Die Gestalt der Fäden ist im Einzelnen übrigens eine verschiedene. Ausser geraden oder einfach nur hin und her gekrümmten Fäden findet man in grosser Zahl solche, die am äussern Ende hakenartig umgebogen sind oder andere, die vollkommene, nach innen zu offene Schleifen bilden.

Man könnte vielleicht bei der Betrachtung von Schnitten zu der Annahme kommen, dass die vorhandenen einfach geraden oder hakenähnlichen Fäden sämmtlich nur Theile zerschnittener schleifenförmiger Chromosomen darstellen. Dem ist jedoch nicht so, denn man erkennt alle diese Formen auch schon an Totalpräparaten. Natürlich wird durch das Schneiden auch viel Zusammengehöriges getrennt, so dass die Zahl der Haken und Schleifen gelegentlich bedeutend vermindert, die Menge der einfachen Fadenenden dagegen stark vermehrt erscheinen kann.

Wie wir gesehen haben, befinden sich die Chromosomen schon lange vor ihrer Anordnung zur Aequatorialplatte im Zustande der Längsspaltung. Dieser Process hat im Verlauf der letztgeschilderten Vorgänge vielfach weitere Fortschritte gemacht. Wie aber schon zur Zeit der die Aequatorialplatte vorbereitenden Stadien zwischen den Individuen hinsichtlich der Breite des Spaltes Unterschiede bestehen, so zeigen auch im Zustande der ausgebildeten Platte die einzelnen Thiere in dieser Beziehung durchaus kein einheitliches Verhalten. Des Gleichen liesse sich in Bezug auf die Dicke der Fäden sagen. So findet man denn in dem einen Falle dünne Chromosomen, die nur von einer feinen hellern Linie durchzogen sind, in einem andern Falle ist es dagegen schon zu einer vollständigen Trennung der zarten Hälften gekommen; wieder bei andern Thieren besteht die Aequatorialplatte aus kräftigen Fadenabschnitten, die sich entweder noch in beginnender oder schon in stark fortgeschrittener Spaltung befinden. Dazu kommt ferner, dass auch keineswegs die Länge, ja selbst nicht einmal die Zahl der Chromosomen überall annähernd die gleiche ist. Bald erscheint in Folge dessen die Aequatorialplatte als dünne, bald als

dicke Scheibe; bald ist ihr Querschnitt locker und durchsichtig, bald zeigt er bei gleicher Schnittdicke ein dichtes Gefüge. Erwähne ich endlich noch, dass manche Platten in der Hauptsache von gerade gestreckten Chromosomen gebildet werden, während bei andern die gebogene und geschlängelte Form derselben noch ziemlich stark vorherrscht, so dürften damit die wesentlichsten Verschiedenheiten aufgezählt sein. Ich habe in den Figg. 30—32 auf Taf. 17 Theile aus drei verschiedenen Aequatorialplatten abgebildet, die ein paar specielle Fälle darstellen und einen Begriff von der wechselnden Beschaffenheit der Platte geben. Sehr in die Augen fallend ist die ungleiche Menge des Chromatins bei den einzelnen Individuen.

Werfen wir nun einen Blick auf die Umgebung der Aequatorialplatte, so ist zunächst zu bemerken, dass, so weit wie die Chromosomen sich erstrecken, das Protoplasma ein besonderes Aussehen zeigt. Nicht nur fehlen demselben die grossen Vacuolen, auch durch eine geringere Färbbarkeit ist es von dem sich nach aussen zu anschliessenden Endoplasma unterschieden. Die Grenze gegen das letztere erscheint auf Schnitten nicht in Gestalt einer bestimmten, glatten Linie, sondern zahlreiche kleine Rauigkeiten der aneinander stossenden Flächen machen den Uebergang zu einem weniger schroffen und unvermittelten. Bei genauerer Untersuchung erkennt man, dass das die Aequatorialplatte zunächst umschliessende, sich schwächer färbende Protoplasma eine feine Faserung besitzt, die parallel zu den Chromatinfäden verläuft. Im Uebrigen lassen die protoplasmatischen Bestandtheile der Centralkapsel keinerlei Abweichungen gegen früher erkennen.



Fig. N.

Fig. O.

Fig. P.

Fig. Q.

Bildung der Tochterplatten. Die nächste Veränderung, die an der Aequatorialplatte vor sich geht, besteht darin, dass sich dieselbe der Fläche nach in 2 Hälften, die Tochterplatten, spaltet (Fig. N—Q; Taf. 15, Fig. 11; Taf. 18, Fig. 33 u. 34)¹⁾. Hierbei kommt

1) Die Textfiguren stellen gegenüber denjenigen der Tafeln ein etwas fortgeschrittenes Stadium dar.

es jedoch nicht, wie bei der typischen Mitose, zu einer Vertheilung der Spalthälften der Chromosomen auf die beiden verschiedenen Seiten. Zwar könnte man sich einen solchen Vorgang bei der oft ausserordentlich dichten Lagerung der Segmente wohl in der Weise verlaufend denken, dass die Tochterfäden an einander entlang gleiten und sich so nach entgegengesetzter Richtung aus einander bewegen. Auch würde man durch die Beobachtung, dass man in spätern Stadien nicht selten einzelne Fäden von den gegenüber liegenden Seiten mit ihren freien innern Enden auf einander zu oder eine Strecke weit dicht neben einander her laufen sieht (vergl. Taf. 15, Fig. 12; Taf. 18, Fig. 36), zu der Vermuthung geführt werden können, dass es sich hier um die aus einander gerückten Hälften eines und desselben Chromosoms handle. Aber dieser Vorgang wäre im Einzelnen doch nur schwer vorzustellen, denn, da die Chromosomen bereits von Anfang an verschiedenen Seiten angehören, so müsste man schon voraussetzen, dass nur die eine Spalthälfte die gedachte Bewegung ausführt, die andere aber an ihrem Orte verbleibt. Eine derartige Annahme würde jedoch von vorn herein schon mit den Thatsachen nicht im Einklang stehen. In diesem Falle müsste in den Anfangsstadien des Processes die Mitte des Plattenquerschnitts durch die zur andern Seite hinüberwandernden Fadenhälften am dichtesten erscheinen, während in Wirklichkeit das Gegentheil beobachtet wird: gerade die Mitte zeigt von Beginn des Vorgangs an eine weniger dichte Lagerung der Fäden als die äussern Plattenpartien und zeichnet sich durch ihr helleres, durchsichtigeres Aussehen aus (vgl. Taf. 18, Fig. 33 u. 34).

Die Entstehung der Tochterplatten vollzieht sich auf dem Wege einer einfachen Spaltung der Aequatorialplatte, und zwar erfolgt die Durchtrennung in der Medianebene, wo bei der Bildung der Aequatorialplatte die Chromosomen der gegenüber liegenden Seiten zusammengetroffen sind und wo also gewissermaassen schon eine Naht bestand. Bei diesem Vorgange müssen naturgemäss die Chromosomen auf der ursprünglich von ihnen eingenommenen Hälfte verbleiben.

Dass die jungen Tochterplatten nicht, wie man nach dem Bau der Aequatorialplatte zunächst wohl erwarten könnte, an den innern, einander zugekehrten Seiten, sondern in ihren äussern Theilen eine dichtere Lagerung der Chromosomen zeigen (Taf. 18, Fig. 33 u. 35), hängt mit der bei den Fäden hervortretenden Tendenz, ihre äussern Enden in eine und dieselbe Ebene zu rücken, zusammen. Dieses Ziel wird in den ersten Phasen der Trennung meist nur äusserst unvollkommen erreicht; bald sind es einzelne, bald ganze Gruppen von

Chromosomen, die durch ihre Lage Unregelmässigkeiten bedingen. Vereinzelt trifft man aber auch ganz frühe Stadien an, bei denen sich ein Zwischenraum zwischen den Tochterplatten noch kaum einmal gebildet hat, sondern nur ein hellerer Schein die Lage der Trennungsebene andeutet, und die doch in Bezug auf die glatte Begrenzung der äussern Flächen der Platten schon mehr das Verhalten späterer Zustände zeigen. An dem in Fig. 34 auf Taf. 18 dargestellten kleinen Theile eines Querschnitts tritt diese Erscheinung noch nicht sehr deutlich zu Tage, an grössern Partien oder ganzen Schnitten der Art fällt sie aber doch auf.

An der Innenfläche der Platten ist die Begrenzung im Allgemeinen eine noch weniger scharfe als an der Aussenfläche. Hier sieht man von beiden Seiten her zahlreiche Fäden weit in den Zwischenraum hineinragen oder denselben vollständig durchsetzen, wobei sie vielfach Haken und Schleifen der verschiedensten Form bilden.

Schon im Stadium der Aequatorialplatte war es, wie bereits erwähnt, oftmals zu einer Trennung der Chromosomenhälften gekommen; die jungen Tochterplatten zeigen diesen Vorgang regelmässig stark fortgeschritten. Da bei dem Auseinanderweichen die Fadenhälften ihren frühern, genau parallelen Verlauf bald einbüssen, tritt die ursprüngliche Zusammengehörigkeit hier nur noch vereinzelt vollkommen deutlich und zweifellos hervor.

Was sonst noch die Gestalt der Chromosomen betrifft, so besitzt der weitaus grösste Theil derselben eine am äussern Ende hakenartig gekrümmte Form oder stellt Uförmig gebogene, mit ihrem geschlossenen Theil nach aussen gerichtete Schleifen dar, während die Zahl der einfachen Fäden eine starke Reduction erfahren zu haben scheint. Ich möchte daher annehmen, dass in vielen Fällen eine nachträgliche Krümmung der Fäden eingetreten ist. Erwähnung möge hier auch noch die Thatsache finden, dass nur ein Theil der Fäden in der Biegung seine Dicke beibehält, eine grosse Zahl dagegen an dieser Stelle eine Verjüngung und eine Verbindung der zugespitzten Enden durch einen feinen, durchsichtigen, scheinbar aus Linin bestehenden Faden zeigt. Ob dieser Unterschied vielleicht daher rührt, dass die einen in dem vorhergehenden Stadium schon die gebogene Form besaßen oder sich später einfach gekrümmt haben, bei den andern jedoch ein nachträgliches Zusammentreten erfolgte, wage ich nicht zu entscheiden.

An der Aussenseite der Tochterplatten beobachtet man regelmässig in grösserer oder geringerer Entfernung von denselben eine

Menge von Fadenabschnitten, Klümpchen und Kügelchen. Sie sind in das die Platten umschliessende, sich schwächer färbende Protoplasma eingelagert, das auf beiden Seiten eine annähernd gleichmässig dicke Schicht bildet und hier wie zwischen den Platten die erwähnte faserige Structur zeigt (Taf. 18, Fig. 33—36). Der grösste Theil dieser Körper weist nach Färbung mit Eisenhämatoxylin einen blauschwarzen Farbenton auf und lässt keinen Zweifel darüber, dass die Substanz, um die es sich handelt, Chromatin ist. Besonders intensiv schwarz färben sich zahlreiche kleine Körnchen, die bald einzeln, bald zu mehreren dicht bei einander oder zu kleinen Klümpchen von schwammigem Aussehen vereinigt, sich hauptsächlich an der Grenze des die Platten umgebenden durchsichtigeren Protoplasmas finden und meist von einem hellern, den Eindruck einer kleinen Vacuole erweckenden Hofe umgeben sind (vgl. besonders Fig. 34 u. 35). In ihrer Grösse stimmen sie etwa mit den Paranuclein-Kügelchen überein, die ich in diesem Stadium mit Sicherheit nicht mehr aufzufinden vermochte, doch ist ihr Verhalten Farbstoffen gegenüber, wie aus dem Gesagten hervorgeht, ein anderes.

Spätere Tochterplattenstadien. Im weiteren Verlaufe der Theilung entfernen sich die Tochterplatten nun immer mehr von einander. Dieser Vorgang ist mit einer Verringerung ihres Durchmessers verbunden, die schon bald nach ihrer Trennung beginnt und die ihrerseits als die Folge eines engern Zusammenrückens der Chromosomen innerhalb der Platten auftritt. So sieht man denn auf einem sich an den zuletzt beschriebenen Kernzustand anschliessenden Stadium (Taf. 15, Fig. 12) die Kernplatten seitlich nicht mehr bis an die Membran der Centralkapsel herantreten. In demselben Maasse wie die Kernplatten hat sich gleichzeitig aber auch das hellere, faserige Protoplasma, in das dieselben eingelagert sind, von der Centralkapselmembran zurückgezogen, wodurch es zu einer vollständigen Umhüllung dieser Theile durch das Endoplasma gekommen ist. Ferner bemerkt man, dass die Begrenzung der Platten auf den Aussenflächen jetzt eine viel bestimmtere, als sie vorher war, geworden ist, indem die Chromosomen mit der Einstellung ihrer äussern Enden in eine und dieselbe Ebene weiter fortgefahren sind. Dabei ist auch der grössere Theil der vielen Fadenabschnitte und Brocken, die vorher auf beiden Seiten sichtbar waren, in die Platten mit aufgenommen worden. Nur noch eine verhältnissmässig kleine Zahl dunkler gefärbter Kügelchen findet sich von nun an ausserhalb der Kernplatten durch des angrenzende Protoplasma zerstreut.

Schon im Anfang des Tochterplattenstadiums war ein Rückgang in Bezug auf die Drehung der aus einander weichenden Hälften erkennbar. Dieser Abflachungsprocess ist auch inzwischen noch weiter gegangen und hat schliesslich dahin geführt, dass das Aussehen der Kernplatten dasjenige ziemlich ebener Scheiben geworden ist. Ihre äussere Gestalt ist bei den einzelnen Individuen eine ziemlich wechselnde, bald stellen sie länglich runde Platten dar, bald sind sie etwa herzförmig, oder sie zeigen in Folge der Ausbildung mehrfacher Ausschnitte am Rande eine complicirtere Form. In den Figg. R—T habe ich ein paar derartige verschiedene Fälle dargestellt.



Fig. R.



Fig. S.



Fig. T.

Ausser der erwähnten engern Zusammenlagerung der Chromosomen und ihrer gleichmässigeren Ausrichtung an der Aussenseite der Platten bemerkt man jetzt auch eine allmählich sich vollziehende Verkürzung der Fäden, die mit einer Verdickung und Geradestreckung derselben Hand in Hand geht (Taf. 18, Fig. 35 u. 36). Aber alle diese Veränderungen werden erst auf einem etwas spätern Stadium, nachdem die Platten noch weiter aus einander gewichen sind, zum Abschluss gebracht (Taf. 15, Fig. 13). Hier sieht man alsdann die Chromosomen auf beiden Seiten zu einer dichten Masse zusammengelagert, die auf dem Querschnitt an den Aussenflächen einen fast ununterbrochenen scharfen Contour zeigt. Auch an den Innenflächen ist die Begrenzung mittlerweile eine viel bestimmtere geworden. Zwar springen hier und da noch einzelne, und bisweilen selbst grössere oder kleinere Gruppen von Fäden über die benachbarten vor, doch erscheinen im Grossen und Ganzen die Kernplatten jetzt als gleichmässig dicke parallele Scheiben.

Bei dem Auseinanderweichen der Tochterplatten hat das den Raum zwischen denselben erfüllende Protoplasma in so fern sein früheres Aussehen bewahrt, als es sich nach wie vor durch eine geringere Färbbarkeit und den Mangel von Vacuolen auszeichnet, dagegen bemerkt man eine Abnahme in der Deutlichkeit der Faserung. Auch

sonst lassen sich noch gewisse Veränderungen feststellen. Abgesehen davon, dass sich das Endoplasma mit seinen dunkler tingirten, vacuolirten Massen von den Seiten her meistens etwas zwischen die Kernplatten vorgewölbt hat, fällt vor allen Dingen das Auftreten einer zellplattenartigen Bildung auf, die als dünne Scheibe in der Mitte zwischen den Tochterplatten zur Entstehung kommt. Besonders deutlich traten die Einzelheiten der Structur bei der Untersuchung der Schnitte in Wasser hervor. Es machte alsdann den Eindruck, als ob jene Platte sich aus einzelnen Anschwellungen in der zwischen den Kernplatten sich ausspannenden zarten Faserung zusammensetze, in ähnlicher Weise, wie es auch sonst bei pflanzlichen und thierischen Zellplatten der Fall ist. Eine grössere Färbbarkeit der Platte wurde jedoch nicht beobachtet, vielmehr zeichnete dieselbe sich nur durch ein stärkeres Lichtbrechungsvermögen aus. In der Verlängerung dieser „Spindelplatte“ bemerkt man meistens einen hellern Streifen, in dem ich unter günstigen Umständen eine Reihe kleiner, knötchenförmiger Differenzirungen erkannte. Es scheint mithin auch eine „Cytoplasmaplatte“ entwickelt zu sein. Diese tritt jedoch nicht auf directem Wege gerad-



Fig. U.

linig bis an die Membran der Centralkapsel heran, sondern sie gabelt sich in einiger Entfernung von derselben und trennt einen mit schwächer färbbarem Protoplasma erfüllten, auf dem Querschnitt dreieckigen Ring ab (vgl. Fig. U), der die Centralkapsel in der

Ebene der Zellplatte umgreift. Die erwähnten Einzelheiten sind in Folge ihrer Zartheit natürlich nur mittels starker Objective zu erkennen, während bei geringerer Vergrösserung allein die Unterschiede in der Färbung hervortreten (vgl. Taf. 15, Fig. 13 ff.). Auf das Verhalten der in Rede stehenden Bildungen bei der Theilung der Centralkapsel werde ich weiter unten zurückzukommen haben.

Das Stadium der Tochterplatten wurde bereits von KARAWAIEW beschrieben, und zwar entspricht der Entwicklungszustand des von ihm beobachteten Individuums etwa dem in Fig. 13 auf Taf. 15 dargestellten. Die Beschreibung, die der russische Forscher giebt, weicht jedoch in einigen Punkten von meinen Befunden ab. Nach KARAWAIEW sollen die Platten aus zwei verschiedenen Substanzen bestehen, nämlich aus einer verhältnissmässig schwach färbbaren Hauptmasse, „welche auf der zum Centrum zugekehrten Fläche der Platten in das Endoplasma in Form von zahlreichen fingerförmigen Auswüchsen hineinragt“,

sowie ferner aus einer grossen Menge von kleinen Kügelchen, die, zu Fäden an einander gereiht, die Hauptmasse quer durchsetzen und in Bezug auf ihre Färbbarkeit sich wie Chromatin verhalten.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass die „fingerförmigen Auswüchse“ die Enden einzelner über ihre Umgebung hervorragenden Chromosomen sind und dass die geschilderten abweichenden Verhältnisse nur als die Folge unzureichender Fixirung zu erklären sind. Während bei den jüngern Zuständen der Tochterplatten eine gute Erhaltung ihres Baues mit Leichtigkeit zu erreichen ist, zeigen in spätern Stadien die Chromosomen eine unwiderstehliche Neigung, mit einander zu verkleben. Selbst die sonst gerade für die Conservirung der chromatischen Theile so vorzüglich sich bewährende Mischung von Sublimat und Eisessig versagte in zahlreichen Fällen. Bald erhielt ich ähnliche Bilder wie KARAWAIEW, bald war das Chromatin der Platten zu einer Masse verbacken, die auf dem Schnitt einen schwammigen Bau aufwies und an der nur noch die auf der Innenseite der Scheiben hervorstehenden fingerförmigen Fortsätze auf ihre Entstehung aus neben einander liegenden Fäden hindeutete. In noch andern Fällen zeigte der Plattenquerschnitt ein dichtes Aussehen, wobei Ungleichmässigkeiten in der Färbbarkeit zu Tage traten (Taf. 16, Fig. 27). Andererseits liegt mir aber auch eine ganze Reihe gut erhaltener Exemplare vor, an denen der Bau der Kernplatten unverändert erhalten und mit vollster Deutlichkeit wie oben geschildert zu erkennen ist.

Das Vorhandensein einer Zellplatte ist von KARAWAIEW nicht beobachtet worden. Vielleicht dürfte man jedoch die an der einen seiner beiden Abbildungen (96, tab. 6, fig. 5) sichtbare, mit dunklern Punkten durchsetzte faserige Protoplasmapartie, die sich in der obern Hälfte der Figur angedeutet findet und von der Centralkapselmembran sich unter allmählicher Verschmälerung bis eben zwischen die Kernplatten erstreckt, mit den geschilderten an dieser Stelle bestehenden Differenzirungen des Endoplasmas in Zusammenhang zu bringen haben. Ebenso wird man, wie mir scheint, auf die Zellplatte wohl auch eine Angabe im Text (95, p. 300) beziehen müssen, wonach auf Schnitten nahe dem oralen Pole „im Plasma zwischen den Tochterplatten eine denselben parallele Streifung“ wahrgenommen wurde. Allerdings ist die sich daran anschliessende Bemerkung, dass die letztere auf den folgenden Schnitten „zwischen den Rändern der Tochterplatten und der Membran der Centralkapsel in einer zur ersten rechtwinkligen Richtung, aber nur auf einer Seite“ verlief, wieder schwer mit dem Verhalten der Zellplatte in Einklang zu bringen. Von den faserig differenzirten Protoplasma-

scheiben an der Aussenseite der Tochterplatten erwähnt KARAWAIEW nichts, dieselben sind, wie ich hervorheben muss, auf spätern Stadien auch nicht mehr nachzuweisen, und das Einzige, was auf ihre frühere Anwesenheit hindeutet, ist eine etwas hellere Färbung des Endoplasmas an dieser Stelle. Statt dessen spricht KARAWAIEW von „zweispaltförmigen Höhlungen an der äussern Oberfläche der Tochterplatten“, die „vom Plasma durch eine dünne, etwas weniger durchsichtige Schicht abgetrennt“ und mit Kernsaft erfüllt sein sollen. Von diesen Flüssigkeitsansammlungen wird ausserdem noch angegeben, dass sie von feinen, den Kernplatten parallel verlaufenden Plasmasträngen durchzogen seien. Auch in diesem Falle handelt es sich um ein Kunstproduct, dessen Entstehung auf die Wirkung der angewandten Reagentien zurückzuführen ist. Ich selbst habe gleichfalls bei spätern Entwicklungsstadien wiederholt beobachtet, dass sich das Plasma an der Aussenseite der Tochterplatten von denselben losgelöst hatte und so ein Zwischenraum entstanden war. Am lebenden Thier und ebenso bei gut gelungenen Präparaten ist aber ein solcher nicht vorhanden, vielmehr tritt das Plasma direct bis an die Platten heran, und die einzigen Besonderheiten an dem letztern bestehen, abgesehen von der bereits erwähnten etwas geringern Färbbarkeit, in dem Fehlen von Vacuolen in einem gewissen Umkreise von den Kernplatten, sowie dem Vorhandensein kleiner, dunkler gefärbten Körnchen, den Ueberbleibseln der in frühern Stadien reichlicher vorhandenen, vom Kern herrührenden Einlagerungen.

Von allen Zuständen der mitotischen Kerntheilung mit Ausnahme der vorbereitenden Phasen bis zur Anlage der zweiten Längsspaltung der Chromosomen, gelangte das Stadium der Tochterplatten in seinen verschiedenen Altersstufen am häufigsten zur Beobachtung. Im Durchschnitt befand sich annähernd $\frac{1}{2}$ Proc. sämtlicher untersuchten Thiere in diesem Entwicklungszustand, bisweilen stieg das Verhältniss sogar bis beinahe auf 1 Proc. Demnächst folgten mit kaum geringern Zahlen die im Stadium der Aequatorialplatte angetroffenen Individuen.

Reconstruction der Tochterkerne. Nachdem die Kernplatten das Maximum ihres Abstandes erreicht haben, beginnen dieselben, sich mit ihren Rändern nach aussen zu krümmen, wodurch sie eine schüsselförmige Gestalt erhalten (Fig. V; Taf. 15, Fig. 14). Bei diesem Vorgang sieht man häufig die eine, und zwar meistens die orale, Seite der gegenüber liegenden etwas voraneilen. Die Krümmung der Platten schreitet allmählich immer weiter fort, so dass ihre sich einander entgegen wölbenden Ränder immer näher zusammentreten

(Fig. W, X; Taf. 15, Fig. 15—17). Gleichzeitig bemerkt man, dass auch die Dicke der Platten mehr und mehr zunimmt. Diese Erscheinung rührt nicht allein davon her, dass die Chromatinfäden sich



Fig. V.

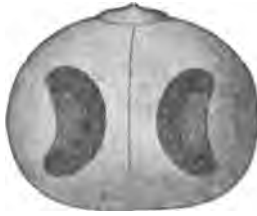


Fig. W.



Fig. X.

wieder in die Länge zu strecken beginnen, wobei sich übrigens auch wieder eine stärkere Schlingelung derselben bemerkbar macht, sondern beruht vor allen Dingen darauf, dass sich auf der ursprünglichen Aussenseite der Platten eine Anfangs nur dünne, später aber an Dicke immer mehr zunehmende Schicht aus kürzern Fadenenden und Chromatinkörnchen ausbildet, die in Folge der wachsenden Krümmung der Platten schliesslich ganz im Innern zu liegen kommt. Es erscheint mir höchst wahrscheinlich, dass es sich bei diesen Massen um dieselben Abschnitte und Partikelchen handelt, die man bei den jungen Tochterplatten in so grosser Zahl an ihrer Aussenseite beobachtet, die, nachdem sie bei dem Zusammenrücken der Chromosomen zunächst mit in die Kernplatten hineingewandert sind, jetzt wieder aus denselben hervortreten.

Entsprechend den Formveränderungen der Kernplatten wölbt sich das Endoplasma Anfangs in Gestalt eines ausgedehnten flachen Polsters in die an der Aussenseite derselben entstehenden Höhlungen vor (Taf. 15, Fig. 14); in spätern Stadien nimmt dieser Theil die Form eines Knopfes an, der je nach dem Grade der Krümmung der Kernplatten durch einen mehr oder minder dünnen Stiel mit dem übrigen Endoplasma in Verbindung steht (Taf. 15, Fig. 15—17).

Die schon bei den frühern Stadien hervorgehobene Eigenthümlichkeit des Fehlens von Vacuolen in dem an die Aussenseite der Kernplatten angrenzenden Endoplasma findet sich auch in den spätern Entwicklungszuständen erhalten, wo die von den gekrümmten Platten umschlossene Partie stets frei von Vacuolen bleibt. Dagegen bemerkt man hier statt der bisher vorhandenen zahlreichen kleinen, dunkel tingirten Körnchen eine Menge, zum Theil bedeutend grösserer und

weniger intensiv sich färbenden Kügelchen, welch letztere zweifellos aus erstern hervorgegangen sind. Sie werden, wenn überhaupt, so doch nur zum kleinsten Theil in die jungen Tochterkerne mit aufgenommen, die grössere Mehrzahl löst sich nach und nach im Endoplasma auf.

Das zwischen den sich reconstruierenden Tochterkernen gelegene vacuolenfreie Protoplasma behält noch längere Zeit sein bisheriges Aussehen bei, wenn es auch im Verlauf der weitem Erscheinungen auf einen immer kleiner werdenden Raum beschränkt wird. Allmählich verschwindet es jedoch vollkommen, die geringere Färbbarkeit verliert sich, es treten Vacuolen auf, und schliesslich findet man die jungen Tochterkerne von einer gleichmässigen Endoplasmamasse umgeben.

Bald nachdem die Kernplatten mit ihrer Krümmung begonnen haben, werden an der Centralkapsel die ersten äussern Anzeichen der Durchtheilung sichtbar, indem dieselbe eine Vergrösserung ihres Durchmessers in der Richtung erfährt, in der die Tochterplatten aus einander gewichen waren (Fig. W; Taf. 15, Fig. 15). Weiterhin bemerkt man in der Mitte der aboralen Seite eine gelinde Einbuchtung der Aussenlinie.

Was die Durchschnürung der Centralkapsel selbst betrifft, so vollzieht sich dieser Vorgang augenscheinlich in ähnlicher Weise, wie sie bei andern Zellen unter Mitwirkung einer am äussern Rande gegabelten Zellplatte zu Stande kommt. Ich erwähnte schon, dass man in der Ebene der Zellplatte unter der Membran der Centralkapsel einen auf dem Querschnitt dreieckigen, nach innen keilförmig zugespitzten Ring aus schwächer färbbarem Protoplasma findet. Es unterliegt, wie mir scheint, keinem Zweifel, dass die in spätern Theilungsstadien auftretende, die Centralkapsel von der aboralen Seite her umfassende, scharfe Einkerbung durch den Zerfall dieses Protoplasmaringes entsteht, an dessen innern Grenzflächen sich ein Anfangs äusserst zartes, später aber zu einer derben Membran sich umgestaltendes Häutchen ausbildet. Dabei wandelt sich jedoch nie die Zellplatte in ihrer ganzen Ausdehnung direct in eine Theilungsmembran um, im Gegentheil sah ich dieselbe nach Beginn der Durchschnürung nie mehr so scharf begrenzt wie früher, sondern nur nach und nach dringt an ihrer Stelle die Furche von aussen her nach dem oralen Pole zu fortschreitend, weiter in die Tiefe vor und bringt die jungen Centralkapseln in dieser Ebene zum Auseinanderweichen ¹⁾.

1) Bei der Betrachtung von Totalpräparaten kann leicht die scharfe Innenkante der Furche dem Beschauer eine die Centralkapsel in der

Wie aus dem Gesagten hervorgeht, bleiben die jungen Tochterkapseln am längsten mit dem oralen Theil im Zusammenhang. Schliesslich erfolgt jedoch auch an dieser Stelle eine Trennung, und zwar bereits zu einer Zeit, wo die Kerne sich noch nicht einmal völlig abgerundet haben (Fig. Y). Nur in einem einzigen Falle sah ich eine noch in Theilung begriffene Centralkapsel, deren Kerne eine Ausnahme von dieser Regel machten, indem sie keine Spur einer Höhlung mehr zeigten. Aber hier scheint es mir



Fig. Y.



Fig. Z.

fraglich, ob es überhaupt zu einer Trennung gekommen wäre, und dies nicht nur deswegen, weil trotz des fortgeschrittenen Zustandes der Kerne die Furche noch ziemlich oberflächlich verlief, sondern auch wegen einer ungleichmässigen Ausbildung der Theilhälften bei dem betreffenden Individuum.

Weiter oben wurde schon bemerkt, dass die bläschenartigen Einschlüsse im Endoplasma sich zur Zeit der Abflachung des Kerns, die die Bildung der Aequatorialplatte einleitet, zu einem Ring in der oralen Hälfte der Centralkapsel zusammenlagern. Dieser Ring findet sich auch noch bei viel spätern Stadien erhalten. So zeigt der auf Taf. 16, Fig. 27 abgebildete Schnitt denselben oberhalb der schon weit aus einander gerückten Tochterplatten. Im Verlauf der Durchschnürung der Centralkapsel tritt jedoch eine Veränderung in diesen Verhältnissen ein, in so fern, als die Bläschen sich unterhalb der Hauptöffnung, zwischen dieser und den Tochterkernen, in Gestalt einer einheitlichen, mehr oder minder dichten Masse ansammeln. Hierbei geschieht es nicht selten, dass einzelne Bläschen bis zwischen die radiären Lamellen der Hauptöffnung gelangen. Wesentlich abweichende Verhältnisse wurden nur bei einem Thier angetroffen, das etwa auf einer Entwicklungsstufe stehend, wie sie die Fig. W zeigt, nicht allein in der oralen Hälfte der Centralkapsel eine ringförmige Ansammlung der in Rede stehenden Bildungen besass, sondern, entgegen aller Regel, noch eine zweite im aboralen Theil der Kapsel aufwies. Beide Massen standen an einer Stelle durch dazwischen gelagerte

Ebene der Zellplatte durchsetzende wohl entwickelte Membran vor-täuschen, die genauere Untersuchung zeigt jedoch das Irrige dieser Annahme.

andere im Zusammenhang. Bis dicht vor der Durchtheilung der Centralkapsel werden gelegentlich die Bläschen im Innern derselben beobachtet; ich fand sie noch auf einem Stadium, das ungefähr der Fig. 17 auf Taf. 15 entspricht. Hier hatten sich die betreffenden Gebilde zu einer an der oralen Seite bis an die Centralkapselmembran herantretenden, nach der entgegengesetzten Seite spitz zulaufenden Anhäufung zusammengelagert, die, gegen das Endoplasma scharf abgegrenzt, sich nur von einzelnen in der Richtung nach der Hauptöffnung verlaufenden feinen Protoplasmazügen durchsetzt zeigte. Die Lamellen der Hauptöffnung endeten frei zwischen den Bläschenmassen. Nach der durchgeführten Theilung habe ich in den jungen Tochterkapseln jedoch nie mehr die bläschenartigen Einschlüsse vorgefunden.

Nach der Trennung der Tochterkapseln verschwindet an den Kernen der letzte Rest der Einstülpung, sie runden sich völlig ab und nehmen damit die Gestalt des Mutterkerns an (Fig. Z). Was die Structur des jungen Tochterkerns in diesem Stadium betrifft, so zeigt derselbe (Taf. 15, Fig. 18) entsprechend dem Bau der Kernplatten und ihren spätern Veränderungen in seinen peripheren Partien radiär angeordnete Chromatinfäden, während die Kernmitte von zahllosen kleinern Partikeln erfüllt ist.

Bereits vor der völligen Abrundung der Tochterkerne findet man an ihrer Oberfläche eine zarte Membran ausgebildet. Dieselbe scheint jedoch nicht gleich in ihrer ganzen Ausdehnung zur Entstehung zu kommen, sondern zuerst an den nach aussen gerichteten glatten Flächen der Kernplatten aufzutreten, während die einander zugekehrten Seiten noch längere Zeit eine scharfe Begrenzungslinie vermissen lassen.

Ueber die weiteren Umwandlungen der Structur des Kerns, die schliesslich zur Rückkehr desselben in das Ruhestadium führen, kann ich mit wenigen Worten hinweggehen, sie stellen eine Wiederholung der ersten Prophasen in umgekehrter Reihenfolge dar. Mehr und mehr verdicken sich die Chromatinfäden, es treten unregelmässig geformte Anschwellungen und Verschmelzungen auf, auch die fein vertheilten Chromatinmassen des Kerncentrums lagern sich zu grössern Partikeln zusammen, und so entsteht zunächst das fein spongiöse Stadium. Aber dieser Zustand geht bald vorüber, allmählich wird das Balkenwerk des Chromatingerüsts immer dicker und weitmaschiger, die Structur der centralen Kernpartien immer gröber, bis endlich die für den ruhenden Aulacanthekern charakteristischen Verhältnisse, von denen wir bei unserer Betrachtung ausgingen, erreicht sind (Taf. 15, Fig. 19).

Im Vorstehenden habe ich, um den Gang der Darstellung nicht zu häufig und zu lange zu unterbrechen, mich in der Hauptsache darauf beschränkt, einfach den Verlauf der Theilungsvorgänge zu schildern; ich möchte aber auf einzelne Punkte hier noch einmal kurz zurückkommen. Ueber die bläschenförmigen Einschlüsse und das Verhalten der Centralkapselöffnungen während der Theilung soll in den folgenden Abschnitten der Arbeit Näheres berichtet werden.

Unter den mannigfachen Formen der Karyokinese, die wir bei den Protozoen antreffen, ist auch der, im Einzelnen allerdings wieder grosse Verschiedenheiten zeigende, in einem wichtigen Punkte jedoch der typischen Mitose sich anschliessende Theilungsmodus, bei dem es zur Ausbildung fadenförmiger, sich der Länge nach spaltender Chromatinabschnitte kommt, keine ungewöhnliche Erscheinung. Was speciell die Radiolarien betrifft, so sind unter ihnen derartige Theilungsvorgänge bisher jedoch nur bei *Aulacantha* bekannt geworden; aber auch primitivere Formen der Mitose sind innerhalb dieser Protozoenabtheilung mit Sicherheit noch nicht nachgewiesen worden. Zwar beschreibt MITROPHANOW (95) bei coloniebildenden Radiolarien (*Collosium*) eine Art der Kerntheilung, die er als eine abgekürzte Mitose anspricht, doch kann ich MEVES (96) darin nur beistimmen, dass ein in derartig einfacher Weise wie in dem geschilderten Falle verlaufender Process, wo weder Chromosomen noch eine Spindel zur Ausbildung gelangen, diese Bezeichnung wohl kaum verdient. Andererseits deuten jedoch gewisse Angaben BRANDT's (85, p. 26) und Beobachtungen, die ich selbst bei coloniebildenden Radiolarien gemacht habe, darauf hin, dass bei diesen Formen gleichfalls eine, wenn auch ziemlich einfache, Art der mitotischen Kerntheilung vorkommt.

Aber auch bei *Aulacantha* sind trotz der Aehnlichkeit der Theilungsvorgänge mit den bei der typischen Mitose sich abspielenden Erscheinungen in mancher Beziehung eigenartige Verhältnisse zu constatiren. Zunächst ist die bedeutende Zahl der Chromosomen hervorzuheben. Mir ist kein anderes thierisches oder pflanzliches Object mit fadenförmigen Kernsegmenten bekannt, das solche in annähernd gleich grosser Menge wie *Aulacantha* aufzuweisen hätte. Bei *Actinosphaerium eichhorni*, das ich noch mehrfach zum Vergleich heranzuziehen haben werde, ist die Zahl der Chromosomen ebenfalls eine sehr beträchtliche; R. HERTWIG (98) hat dieselbe auf etwa 150 ermittelt, aber diese Ziffer bleibt hinter der bei *Aulacantha* zu beobachtenden Chromosomenmenge doch noch weit zurück, indem hier die Zahl 1000 auf jeden Fall noch bedeutend zu niedrig gegriffen sein dürfte. Es ist übrigens bei

der letztern Form gar nicht einmal möglich, die Anzahl der Chromosomen auch nur mit einiger Genauigkeit festzustellen, schon deswegen nicht, weil bei der Ungleichartigkeit der einzelnen Fadenstücke nicht recht zu entscheiden ist, was als Chromosom zu zählen sein würde. Allerdings sind Schwankungen in der Länge der Chromosomen auch sonst schon, und zwar sowohl im Thier- wie im Pflanzenreiche beobachtet worden, so hat MEVES (97) bei der heterotypisch verlaufenden ersten Reifungstheilung der Spermatocyten von *Salamandra maculosa* eine deutlich ausgesprochene Verschiedenheit in der Grösse der Fadenabschnitte festgestellt, von denen einzelne zwei- oder gar dreimal so lang wie andere waren. Noch bedeutendere Längendifferenzen hat STRASBURGER (00) bei den Chromosomen in den primären Kernen der Pollenmutterzellen von *Funkia sieboldiana* angetroffen, doch wird auch der letztere Fall durch die bei *Aulacantha* bestehende Verschiedenheit offenbar noch in den Schatten gestellt.

Dass die Zahl der Kernsegmente bei unserm Object durchaus keine constante ist, hob ich schon hervor. Dieses Verhalten steht gleichfalls nicht vereinzelt da, indem in neuerer Zeit auch in den Geweben der Pflanzen vielfach beträchtliche Unterschiede hinsichtlich der Menge der Chromosomen nachgewiesen worden sind. Nur scheint mir bei *Aulacantha* wiederum der Grad der Schwankungen ein besonders hoher zu sein.

Viel Aehnlichkeit zeigen einzelne der bei *Aulacantha* vorkommenden Kernstructuren mit denen gewisser Zustände des Kerns von *Ceratium hirundinella*, wie sie von LAUTERBORN (95) während der Theilung bei dieser Form beobachtet wurden. Man vergleiche beispielsweise Fig. 9 (Taf. 14) dieser Arbeit mit der fig. 4 (tab. 12) LAUTERBORN's oder fig. 5 der LAUTERBORN'schen Untersuchungen mit meiner Fig. 11 (Taf. 15). Doch ist bei *Ceratium hirundinella* der ganze Theilungsvorgang ein unendlich viel einfacherer; es kommt überhaupt zu keiner Längsspaltung der Chromatinfäden, die hier einfach im Aequator durchgetrennt werden und nun nach den Polen zu auseinander rücken, wobei jeder Tochterkern die Hälfte eines Fadens erhält. Bei *Aulacantha* wurde dagegen eine doppelte Längsspaltung der Chromosomen beobachtet. Was den letztern Vorgang betrifft, so ist ein derartiger Process an und für sich durchaus nichts Unbekanntes, doch lassen ihn die nähern Umstände in unserm Falle als etwas Besonderes erscheinen. Eine zweimalige Längsspaltung der Chromosomen ist während der Reifungsperiode der Geschlechtszellen bei verschiedenen Thierformen (*Ascaris*, *Salamandra*) beobachtet

worden; auch aus dem Pflanzenreich sind zahlreiche Beispiele für diese Erscheinung bekannt geworden, die hier bei der ersten Kerntheilung in den Pollen- und Sporenmutterzellen sowie bei der Entwicklung des Embryosackes festgestellt wurde¹⁾. Im Einzelnen vollzieht sich bei den genannten Objecten die zweite Spaltung zu sehr verschiedener Zeit; bald wird sie schon in den Prophasen sichtbar, bald tritt sie während der Metaphasen oder auch erst zur Zeit der Anaphasen in die Erscheinung. Aber auch in denjenigen Fällen, wo die zweite Spaltung gleich nach der ersten sehr frühzeitig erfolgenden angelegt wird und darin eine Annäherung an die bei *Aulacantha* zu beobachtenden Verhältnisse besteht, kann von einer Aehnlichkeit zwischen den Vorgängen hier und dort doch nur in einem sehr beschränkten Maasse die Rede sein, denn bei allen den Zellen der vorerwähnten Art steht die zweite Längsspaltung der Chromosomen mit einer zweiten Theilung der Zelle im Zusammenhang. Diese schliesst sich zwar unmittelbar an die erste Theilung an, so dass für die Tochterkerne das Ruhestadium unterdrückt wird, aber doch erst während des zweiten Theilungsschrittes werden die Spalthälften der Tochterchromosomen von einander getrennt und auf die Enkelkerne vertheilt.

Näher würde es vielleicht gelegen haben, die Verhältnisse bei *Noctiluca* zum Vergleich heranzuziehen, wo nach ISHIKAWA's Angaben (94a) während der Sporenbildung zwei unmittelbar auf einander folgende Spaltungen sich an den Chromosomen vollziehen. Aber ganz abgesehen davon, dass auch in diesem Falle die zweite Chromosomen-spaltung erst dem nächsten Theilungsact zu Gute kommen würde, soll nach neuern Untersuchungen von CALKINS (99) bei diesem Vorgang überhaupt gar keine doppelte Theilung der Chromosomen stattfinden, sondern die durch eine einfache Spaltung entstandenen Tochterchromosomen als einheitliche Fäden in den zweiten Theilungsprocess eintreten. Auch jede spätere Theilung des Kerns soll durch eine besondere Spaltung der Chromosomen eingeleitet werden.

Bei *Aulacantha* kann über die doppelte Längsspaltung der Kernsegmente kein Zweifel bestehen, eben so wenig wie darüber, dass die beiden Spaltungen einem und demselben Theilungsvorgange angehören. Hier wird die zweite Längsspaltung schon während der Prophasen sichtbar, wo sie im unmittelbaren Anschluss an die erste auftritt.

1) Bezüglich der einschlägigen Literatur vergl. HAECKER (99, Capital über Reductionstheilung) und STRASBURGER (00).

Die zweitheiligen Tochterfäden treten vollkommen getrennt in die Bildung der Aequatorialplatte ein, ja, man findet in diesem Stadium bisweilen die Spalthälften derselben bereits weit aus einander gerückt; wenn nicht, so erfolgt die Trennung der Enkelfäden sicher zu Beginn des Tochterplattenstadiums. Nachdem die Kernplatten aus einander gewichen sind, bilden sie sich zu den Tochterkernen um, die, ehe sie zu einer neuen Theilung schreiten, vollkommen in den Ruhezustand zurückkehren. Eine Complication erfahren die Verhältnisse bei *Aulacantha* durch die Einschaltung eines zweiten Knäuelstadiums, das auf die Trennung der Tochtersegmente folgt, sich aber von dem ersten durch die veränderte Gestalt des Kerns leicht unterscheiden lässt. Bei der Bildung der Tochterplatten verbleiben die beiden Spalthälften jedes Tochterchromosoms auf der ursprünglich von ihnen eingenommenen Seite. Ob bei der Bildung der Aequatorialplatte die Spalthälften eines Mutterchromosoms stets auf verschiedene Seiten vertheilt werden, vermag ich nicht zu entscheiden.

Da das angestrebte Endziel nur eine einfache Theilung ist, so ist es schwer, die Bedeutung dieser complicirten Processe für den Organismus einzusehen, denn die Möglichkeit, dass es sich bei der zweiten Längsspaltung der Kernsegmente um eine Vorbereitung für spätere Theilungsvorgänge handle, ist hier durch die Einschaltung eines Ruhestadiums vollkommen ausgeschlossen.

Während der Uebergangszeit vom zweiten Knäuelstadium zur Aequatorialplatte verschwindet bei *Aulacantha* die Kernmembran. Früher neigte man der Ansicht zu, dass regelmässig bei der Mitose der Protozoenkerne die Kernmembran erhalten bleibe, und auch in neuern Schriften, so in HENNEGUY's „Leçons sur la cellule“, begegnet man dieser Auffassung. Die Untersuchungen haben zwar gezeigt, dass in der genannten Thiergruppe zweifellos als Mitosen zu bezeichnende Theilungsvorgänge unter Erhaltung der Kernmembran verlaufen, aber eine Verallgemeinerung dieser Befunde wäre, wie unser Fall lehrt, sicherlich verkehrt. Uebrigens ist auch bei der Theilung anderer Protozoen, so von SCHAUDINN (96a), bei Heliozoen, speciell bei *Acanthocystis aculeata*, das Verschwinden der Kernmembran während der Mitose festgestellt worden, ebenso konnte CALKINS (99) neuerdings bei *Noctiluca miliaris* gelegentlich dieses Vorgangs eine partielle Auflösung der Kernmembran beobachten.

Von der Ausbildung einer eigentlichen Kernspindel kann bei *Aulacantha* — wenigstens, wenn man dabei die hoch entwickelten Gebilde der Art im Auge hat, wie sie sich bei den vielzelligen Orga-

nismen und auch einzelnen andern Protozoenformen finden — nicht die Rede sein. Immerhin wird man, wie ich glaube, bei unserer Radiolarienart den Ausdruck „Spindel“ mit dem gleichen Recht anwenden können, wie sich BRAUER (94) und R. HERTWIG (98) desselben für die ganz ähnliche Bildung bei *Actinosphaerium eichhorni* bedient haben. Wie nach HERTWIG's Darstellungen bei der genannten Heliozoenart, so sind auch bei *Aulacantha* nicht deutlich getrennte Faserzüge entwickelt, sondern die Faserung zeigt eine mehr oder minder netzartige Ausbildung. Allerdings weiss KARAWAIEW (95) in seiner Schilderung des Tochterplattenstadiums von einer derartigen faserigen Structur überhaupt nichts zu berichten; er giebt an, dass zwischen den Kernplatten die Vacuolen fehlen und dass das Protoplasma hier ein „homogenes Aussehen“ zeige. In dieser Weise sind auch die Verhältnisse in der seinen russisch geschriebenen „Beobachtungen über Radiolarien“ beigefügten Abbildung (tab. 6, fig. 5) dargestellt, doch ist auf der erwähnten Figur ausserdem auch noch die hellere Färbung dieser Partie gegenüber den umgebenden Endoplasmamassen zum Ausdruck gebracht.

Diese Verschiedenheit unserer Angaben ist zum Theil offenbar darin begründet, dass in vorgeschritteneren Stadien, gerade so wie HERTWIG (98, p. 13) dies für *Actinosphaerium* hervorhebt, auch bei *Aulacantha* die Faserung zwischen den aus einander rückenden Tochterplatten sich mehr und mehr verwischt, dergestalt, dass es späterhin „schwer fällt, zu entscheiden, ob man noch von Spindelfaserung reden kann“. Zum Theil ist aber auch wohl in der Anwendung verschiedener Fixierungsmittel die Ursache der abweichenden Resultate zu suchen. Es ist nicht ausgeschlossen, dass in Folge der schon erwähnten lösenden Wirkung des Eisessigsublimat-Gemisches die faserige Structur deutlicher hervortritt, als es den natürlichen Verhältnissen entspricht; dass sie aber vollkommen ein Kunstproduct sein sollte, glaube ich um so weniger annehmen zu sollen, als bei *Actinosphaerium* ganz ähnliche Verhältnisse beobachtet wurden, auch ist vielleicht aus dem Auftreten einer zellplattenartigen Bildung bei *Aulacantha* ein Rückschluss auf das thatsächliche Vorhandensein der Faserung gestattet.

Wenn ich einerseits auf die Aehnlichkeit in der Beschaffenheit der Spindel bei *Aulacantha* und *Actinosphaerium* hingewiesen habe, so ist doch auch andererseits hervorzuheben, dass in dem Vorhandensein von „Polplatten“ und „Plasmakegeln“ bei letzterer Form nicht unwesentliche Unterschiede gegeben sind. Derartige besondere Bil-

dungen werden bei *Aulacantha* vermisst, wie ja hier auch die Kernmembran bei der Theilung nicht erhalten bleibt. Die an der Aussen-
seite der Kernplatten sich findenden Scheiben von hellerem, faserigem
Protoplasma dürften nur als die polaren Partien der Kernspindel zu
deuten sein. Merkwürdig ist nur, dass nach der Trennung der Tochter-
platten die in Rede stehenden Scheiben sich nicht abflachen, sondern
in gleichbleibender Dicke mit aus einander weichen (vgl. Fig. 11 u.
12 auf Taf. 15).

Ueber das Vorkommen zellplattenartiger Bildungen, wie eine solche
bei *Aulacantha* während der Theilung zur Entwicklung kommt, liegen
bei Protozoen verschiedene Beobachtungen vor. Bei *Actinosphaerium*
eichhorni wurde eine Art von Zellplatte von GRUBER (83) und HERT-
WIG (84, 98) beschrieben. Hier erscheint dieselbe nach den neuern
Untersuchungen des letztgenannten Forschers als eine im Aequator
der Spindel zwischen den Kernplatten auftretende Unterbrechung oder
Auflockerung des Fasergerüsts. Bei der Heliozoenart *Acanthocystis*
aculeata wurde von SCHAUDINN (96a) an der betreffenden Stelle „eine
dunklere und stärker färbbare Platte“ bemerkt. Auch in andern
Protozoengruppen wurden Gebilde der Art, zum Theil zwar in ziemlich
rudimentärer, zwischenkörperähnlicher Beschaffenheit beobachtet, so
von R. HERTWIG (77), PLATE (86) und BALBIANI (95) bei *Spirochona*
gemmipara, von LAUTERBORN (95) bei *Ceratium hirundinella*, von EIS-
MOND (97) bei *Glaucoma scintillans*, von SIEDLECKI (98, 99) und
SCHAUDINN (00) bei Coccidien. Allerdings sind schwerlich alle bei
Protozoen beobachteten zwischenkörperartigen Bildungen in gleicher
Weise als Rudiment einer Zellplatte zu deuten. In keinem Falle hat
sich bisher eine vollkommen ausgebildete Zellplatte bei Protozoen nach-
weisen lassen. Dies hängt offenbar damit zusammen, dass bei den
genannten Organismen während der Kerntheilung meistens die Kern-
membran erhalten bleibt. Bei *Aulacantha* jedoch, wo ein derartiges
Hinderniss fehlt, wo die Substanzen des Kerns in directe Beziehung
zu dem umgebenden Protoplasma treten, erreicht diese Bildung einen
höhern Grad der Vollkommenheit. Die Dinge erinnern hier stark an
die von CARNOY (85) bei den Zellen von Arthropoden und von R. W.
HOFFMANN (98) bei andern Objecten (*Limax*, *Trutta salar*) beobachteten
Verhältnisse, wo gleichfalls eine am Rande gegabelte Zellplatte zur
Ausbildung gelangt, die unter der Oberfläche der Zelle einen auf dem
Querschnitt dreieckigen, bei der Theilung zu Grunde gehenden Proto-
plasmaring abgrenzt. Dass bei *Aulacantha* nicht gleich die ganze
Zellplatte in eine Theilungsmembran umgewandelt wird, erwähnte ich

schon. Die Durchschnürung der Centralkapsel geht hier ganz allmählich vor sich, indem zunächst nur die gegabelte Randpartie der Zellplatte eine membranöse Beschaffenheit annimmt und nur nach und nach die scharf einschneidende Furche weiter in die Tiefe vordringt.

Zum Schlusse möchte ich noch ganz kurz auf die Centrosomenfrage bei *Aulacantha* eingehen. Die Existenz von Centralkörpern ist bekanntlich bei mehreren Protozoenformen festgestellt worden. Bei *Noctiluca miliaris* wurden Centralkörper von ISHIKAWA (94) und CALKINS (99) nachgewiesen; SCHAUDINN (96a) beobachtete an *Acanthocystis aculeata*, dass bei der Theilung der Heliozoen das Centralkorn als Centrosoma functionirt; R. HERTWIG (98) sah bei den Richtungs-theilungen von *Actinosphaerium eichhorni* Centralkörper auftreten. In einzelnen andern Fällen, wo keine eigentlichen Centrosomen vorhanden sind, vollzieht sich die Mitose unter Mitwirkung eigenthümlicher anderer Gebilde, die bei dem Theilungsact aber eine ähnliche Rolle wie die Centrosomen spielen. Bei *Aulacantha* werden Bildungen dieser Art zwar vermisst, man könnte jedoch möglicher Weise auf den Gedanken kommen, dass hier die zahlreich an den äussern Enden der Spindel gelegenen und stark färbbaren Körnchen (vgl. besonders Fig. 34 u. 35 auf Taf. 18) die fehlenden Centrosomen vertreten und ihrerseits einen richtenden Einfluss auf die Chromosomen während des Auseinanderrückens der Tochterplatten ausübten. Diese Annahme läge vielleicht nicht so ganz fern, wenn man in Betracht zieht, dass bei *Noctiluca* nach ISHIKAWA (94a) sich an Stelle der Centrosomen gelegentlich eine Anzahl kleiner Körper finden, die sich bezüglich der Färbbarkeit wie jene verhalten, und ebenso in gewissen Stadien bei *Actinosphaerium* die Centrosomen ähnliche Bilder darbieten.

Noch mehr als an diese Beispiele aus dem Kreise der Protozoen wird man durch die bei *Aulacantha* bestehenden Verhältnisse an Beobachtungen erinnert, wie sie an den Richtungsspindeln von *Ascaris*, *Heterocope*, *Cyclops* und andern Formen gemacht worden sind. Auch bei pflanzlichen Objecten sind ähnliche Dinge beschrieben worden. Es handelt sich in diesen Fällen um die Ausbildung tonnen- oder garbenförmiger Spindeln, die nicht in einem Punkte, sondern mit breiten Flächen endigen und hier eine grössere Anzahl neben einander liegender, dunkel färbbarer Körnchen aufweisen. Ich möchte wegen der Aehnlichkeit mit *Aulacantha* besonders die Befunde von FAIRCHILD (97, tab. 13, fig. 4—6) bei einem Pilze, *Basidiobolus ranarum*, hervorheben, während ich bezüglich der übrigen Literatur auf einen Aufsatz HAECKER's (97) über die Fortpflanzungsvorgänge bei Thieren und

Pflanzen verweise. Die erhaltenen Bilder sind dahin gedeutet worden, dass man es in den einzelnen Fällen mit einer vielpoligen Spindel zu thun habe, und man hat auch in Erwägung gezogen, dass die stärker färbbaren Körnchen möglicher Weise Centrosomen darstellen. Eine Uebertragung dieser Auffassung auf die Verhältnisse bei *Aulacantha* scheint mir bei der vorhandenen Uebereinstimmung nicht ohne Weiteres von der Hand zu weisen zu sein, wenngleich man hier eine starke Verwischung des ursprünglichen Zustandes der Spindelfaserung annehmen müsste.

Eine bemerkenswerthe Erscheinung, auf die schon HAECKER (97) hingewiesen hat, ist es, dass die Tonnen- oder Garbenform der Spindel, wie sie bei den Reifungstheilungen von Metazoen und Metaphyten angetroffen wird, in ähnlicher Weise allein „bei den Theilungsvorgängen der Einzelligen und Thallophyten, und zwar hauptsächlich wieder bei den ‚vorbereitenden‘ Theilungen“ zur Beobachtung gelangt. Als Beispiele hierfür werden der erwähnte Pilz *Basidiobolus* und von Protozoen *Actinophrys* angeführt, wo nach SCHAUDDIN (96b) bei der Richtungskörperbildung eine an den Polen mit breiter Fläche endigende Spindel angelegt wird.

Es ist vielleicht kein Zufall, dass bei *Aulacantha*, wo der Theilungsprocess schon in anderer Hinsicht gewisse Anklänge an die Vorgänge bei den Reifungstheilungen zeigt, auch das Verhalten der Spindel an die bei letztern beobachteten Verhältnisse erinnert. Wollte man aus diesen Thatfachen Schlüsse ziehen, so könnte man zu der Annahme gelangen, dass die complicirten Erscheinungen bei der Theilung von *Aulacantha*, die doppelte Längsspaltung der Chromosomen, die Wiederholung des Knäuelstadiums, mit der Unterdrückung eines Geschlechtsactes in Beziehung ständen. Andererseits ist aber bei den Protozoen die Mannigfaltigkeit in den Kerntheilungsvorgängen eine so grosse, dass bei dem heutigen Stande unserer Kenntniss über die Berechtigung einer derartigen Auffassung schwer zu entscheiden ist.

b) Die bläschenförmigen Einschlüsse des Endoplasmas.

Im Vorstehenden war wiederholt von eigenthümlichen bläschenartigen Bildungen die Rede, die zur Zeit der ersten Längsspaltung der Kernsegmente in einem Theil der Vacuolen des Endoplasmas auftreten. Es wurde bezüglich dieser Gebilde bemerkt, dass sie sich im weitem Verlauf der Vorgänge zu einem Ring in der oralen Hälfte der Centrakapsel vereinigen und später eine einheitliche

Masse unterhalb der Hauptöffnung bilden. Dabei war jedoch hervorzuheben, dass das Vorkommen dieser Einschlüsse bei den auf die Längsspaltung des Chromatinfadens folgenden Stadien durchaus kein regelmässiges ist, dass dieselben hier vielmehr in der Mehrzahl der Fälle vermisst werden, während sie zur Zeit der Spaltung, wie es scheint, nie fehlen. Es würde nunmehr noch erübrigen, der Frage näher zu treten, welches die Natur, die Herkunft und das Schicksal dieser Bildungen sein möge.

KARAWAIEW, der diese Einschlüsse bereits beobachtet hat, beschränkt sich darauf, ihr Vorkommen zu constatiren, indem er bemerkt, dass ihre Bedeutung ihm unbekannt geblieben sei. Auch ich muss bekennen, dass ich mich vergeblich bemüht habe, Sicheres über diese Bildungen in Erfahrung zu bringen, also nur Vermuthungen hier zu äussern vermag.

Als zweifellos sehe ich zunächst an, dass die Bläschen einen Bestandtheil oder ein Product des Organismus selbst darstellen. Als feststehend glaube ich auch annehmen zu dürfen, dass es sich bei denselben nicht um Zellen handelt, wie KARAWAIEW dies einmal andeutet; ihr Verhalten scheint mir entschieden gegen diese Ansicht zu sprechen.

Bei der Frage nach der Herkunft der Bläschen könnte nur der Kern und das Endoplasma in Betracht kommen. Dass die Einschlüsse aus Theilen des erstern entstanden, darf wohl sicher nicht angenommen werden, denn in diesem Falle wäre zu erwarten, dass sie sich zunächst in den mehr central gelegenen Partien des Endoplasmas zeigten, während man sie in Wirklichkeit gleichzeitig in diesen und den peripherischen auftreten sieht. Dagegen lassen die Befunde nur die Deutung zu, dass das Endoplasma, resp. seine Vacuolen, die Bildungsstätte der in Rede stehenden Einschlüsse sind. Erwähnung verdient noch die Thatsache, dass zwischen den Bläschen und den in den Vacuolen sich findenden „Fettkörnchen“ eine Beziehung, dergestalt, dass die letztern beim Auftreten jener verschwänden, nicht existirt. Vielmehr trifft man beide Bildungen neben einander innerhalb derselben Centralkapsel an, nur habe ich nicht bemerkt, dass beide Arten von Einschlüssen auch in einer und derselben Vacuole vorkommen.

Mit einiger Wahrscheinlichkeit dürfte sich nach den bisherigen Beobachtungen auch über das Schicksal der Einschlüsse urtheilen lassen. Wie schon weiter oben ausgeführt wurde, verschwinden die Bläschen zu ganz verschiedener Zeit, bald sind sie schon während

der Abflachung des Kerns, wie sie bei der Bildung der Aequatorialplatte beobachtet wird, nicht mehr nachzuweisen, bald trifft man sie noch kurz vor der Durchtheilung der Centralkapsel in ihrem Innern an, wohingegen sie jedoch in jungen Tochterkapseln gleich nach ihrer Trennung nie vorgefunden wurden.

Von den beiden Möglichkeiten, auf die sich das Verschwinden der Einschlüsse zurückführen liesse, dass dieselben nämlich entweder wieder aufgelöst oder von der Centralkapsel nach aussen entleert werden, halte ich die letztere für die wahrscheinlichere. Für diese Annahme spricht zunächst einmal ihre Anhäufung in der Nähe der Hauptöffnung, also an der Stelle, an welcher einzig und allein eine Ausstossung möglich erscheint. Vielleicht stammt der in Fig. 26, Taf. 16 dargestellte Schnitt, bei welchem sich von der Hauptmasse der Bläschen einzelne Ballen abgelöst und der Astropyle mehr genähert haben, von einem in der Entleerung seiner Endoplasmaeinschlüsse begriffenen Individuen her. Noch überzeugender sind Befunde, wie sie bei dicht vor der Trennung der Tochterkapseln stehenden Aulacanthien erhalten wurden, bei denen die Bläschen unmittelbar unter der Hauptöffnung und zum Theil sogar zwischen den Lamellen derselben gelagert angetroffen wurden.

Man sollte wohl schon von vorn herein erwarten dürfen, dass die Ausstossung so grosser Massen auch eine Verringerung des Volumens der Centralkapsel zur Folge hätte, und da thatsächlich der Durchmesser der letztern bei denjenigen Exemplaren, denen die Einschlüsse fehlen, nicht unbedeutend geringer ist als in den Fällen, wo solche vorhanden sind ¹⁾, so dürfte sich in dieser Thatsache eine weitere Stütze für unsere Annahme bieten.

Den sichersten Beweis für die Entleerung der Bläschen würde ihre Auffindung im Extracapsularium bilden. In der That beobachtete KARAWAIEW in einigen Fällen „in der Nachbarschaft des Phäodiums Massen von zusammengedrängten Bläschen (von einem Durchmesser 0,003—0,0035 mm) mit dünner lichtbrechender, aber wegen der Schrumpfung undeutlich begrenzter Membran. Manchmal

1) Dieser Grössenunterschied tritt deutlich bei einem Vergleich der Figg. 26 und 27 auf Taf. 16 mit den entsprechenden, gleichaltrigen Stadien auf Taf. 15 hervor. Bei den Textfiguren ist zu Gunsten eines gleichmässigeren Aussehens die Verschiedenheit der Grösse nicht zum Ausdruck gebracht worden. Bei Anwendung eines gleichen Maassstabes für alle Abbildungen würden die Figg. D, E, L, M, P Q, und T um $\frac{1}{6}$ grösser erscheinen.

schien es, dass 2 oder 3 Bläschen zusammen in eine secundäre Membran eingeschlossen wären. Es färbten sich weder die Membran der Bläschen noch ihr Inhalt“. Diese Angaben stimmen so gut auf die Einschlüsse des Endoplasmas, dass man schwerlich umhin kann, eine Beziehung zwischen beiden Bildungen anzunehmen. Auch KARAWAIEW spricht schon von einer „gewissen Aehnlichkeit“ zwischen denselben. Ich selbst habe die erwähnten Bläschen im Exoplasma nicht beobachtet, da ich grösstentheils isolirte Centralkapseln geschnitten habe, die die Möglichkeit einer genauern Orientirung boten. Gegen die Identität der intra- und extracapsularen Bläschen würde es meines Erachtens nicht sprechen, wenn KARAWAIEW die letztern, wie es augenscheinlich der Fall ist, bereits bei sehr frühen Kernzuständen, also schon zur Zeit der Spaltung des Chromatinfadens oder gar noch eher angetroffen hat. Im erstern Falle könnten die Bläschen gleich nach ihrer Entstehung aus der Centralkapsel entleert worden sein. Dann müsste man sie im intracapsularen Protoplasma vermissen, was nach KARAWAIEW's Angaben gelegentlich auch der Fall sein soll. Oder aber es könnte die Möglichkeit bestehen, dass die Bläschen im Exoplasma bereits von dem Mutterthier ausgeschieden worden und bei der Theilung auf das betreffende Individuum übergegangen waren. Dadurch würde sich alsdann ein eventuelles Vorkommen derselben bei den der Spaltung des Chromatinfadens vorausgehenden Stadien befriedigend erklären lassen.

Nach alle dem Gesagten möchte ich die Bläschen für eigenthümliche geformte Stoffwechselproducte halten, und zwar für Ausscheidungen, die sich während der Theilung, in einer bestimmten Periode, in der die Umsetzungen im Körper des Thieres vielleicht besonders lebhaft sind, bilden, und die sich zunächst in Vacuolen des Endoplasmas ablagern, um dann späterhin ausgestossen zu werden. Wo sich dieser letztere Vorgang nicht schon früher abgespielt hat, scheint sich das Thier der Einschlüsse stets bei Gelegenheit der Durchtrennung seiner Centralkapsel zu entledigen; hierauf deutet ihr Fehlen in jungen Tochterkapseln hin.

Eine Art von Bildungen, mit denen die im Vorstehenden beschriebenen Körperchen vielleicht gut verglichen werden könnten, wurden von RHUMBLER (94) bei *Saccammina sphaerica* M. Sars beobachtet und als Producte der regressiven Protoplasametamorphose, als Excretkörnchen, gedeutet. Die betreffenden Gebilde zeigen ein blasses Aussehen und besitzen bei einer Grösse von 0,0015—0,0046 mm eine kugelige Gestalt. Nach den Abbildungen, die RHUMBLER (tab. 24,

fig. 85 u. 89) giebt, scheint es hin und wieder, als ob dieselben noch ein dunkleres centrales Körperchen umschlössen. Gelegentlich findet man die Excretkörnchen von *Saccammina* zu grössern Ballen vereinigt, die in Vacuolen der Sarcode eingelagert sind, und zwar scheint diese Art des Auftretens auch hier an ganz bestimmte Kernstadien gebunden zu sein. Später verschwinden die Haufen von Excretkörnchen aus dem Weichkörper, sie werden, wie RHUMBLER feststellen konnte, nach aussen entleert.

Ich möchte in diesen Angaben, die in mehrfacher Beziehung eine Uebereinstimmung zwischen den Protoplasmaeinschlüssen von *Aulacantha* einerseits und *Saccammina* andererseits erkennen lassen, eine Stütze für meine Ansicht über diese Gebilde bei ersterer Form erblicken.

c) Die Oeffnungen der Centralkapselmembran.

Untersucht man nach Ablauf der Theilungsvorgänge, und nachdem der Kern wieder in den Ruhezustand zurückgekehrt ist, das junge Tochterthier, so findet man, dass seine Organisation in allen Theilen derjenigen des mütterlichen Individuums gleich ist. Dieses Ziel wird nicht durch eine einfache Theilung aller Körperbestandtheile und Vertheilung der Hälften auf die beiden sich bildenden Sprösslinge erreicht, vielmehr bedarf es auch gewisser Neubildungen. Hierbei sind vor allen Dingen die Nebenöffnungen zu nennen, von denen nach dem Gesagten bei der Durchschnürung der Centralkapsel je eine auf die Tochterkapseln übergeht, so dass die Wiederherstellung des frühern Zustandes bei beiden Individuen die Ausbildung je einer neuen Parapyle nöthig macht.

Schon zu der Zeit, da sich der Kern zur Bildung der Aequatorialplatte vorbereitet, indem er sich zu einem, nach Art einer Linse abgeflachten Körper umformt (Taf. 14, Fig. 8), ja, vielleicht sogar noch früher, wenngleich mir hier ein sicherer Nachweis nicht gelang, tritt die erste Anlage zweier neu entstehenden Nebenöffnungen auf. Die Lage derselben ist aus den Figg. 8 und 9, Taf. 14, sowie 12 und 13, Taf. 15, ersichtlich. Sie ist regelmässig die gleiche, und die bei den Abbildungen hervortretende Verschiedenheit ist nur eine Folge davon, dass die beiden erstern Figuren die betreffenden Schnitte von der aboralen Seite gesehen zeigen, während bei den zwei andern Figuren die Darstellung von der oralen Seite her erfolgt ist. Die beiden primären Nebenöffnungen würde man in einem dem aboralen Pole näher gelegenen Querschnitt in kreuzweiser Lage zu den in Bildung begriffenen

jungen Parapylen zu suchen haben, welche letztere etwa gleich weit vom oralen und aboralen Pole entfernt zur Ausbildung gelangen.

Die junge Parapyle erscheint in den ersten Stadien ihrer Entstehung in Gestalt eines minimalen, etwa hutförmigen Körperchens von $1-1\frac{1}{2}$ μ im Durchmesser, das entweder dicht unter der Centrakapselmembran oder in einiger Entfernung von derselben in das Endoplasma eingelagert ist. Die nächste Umgebung des Körperchens zeichnet sich durch das Fehlen von Vacuolen sowie auch durch eine geringere Färbbarkeit aus, was die Auffindung dieser kleinen Gebilde in den Schnitten nicht unwesentlich erleichtert; ausserdem bemerkt man hin und wieder auch schon den Beginn einer radiären Anordnung der Protoplasmaalveolen, die aber erst auf späteren Stadien deutlicher in die Erscheinung tritt. Mit Eisenhämatoxylin lässt sich das Körperchen intensiv schwarz färben, und man erkennt alsdann gelegentlich in der Mitte desselben einen schmalen hellern Spaltraum, der den Eindruck erweckt, als ob die Bildung aus zwei symmetrischen Hälften zusammengesetzt sei. Wo das Körperchen vom Endoplasma rings umgeben war, fand ich seine Axe öfters unter schieferm Winkel auf die Centrakapselmembran zu gerichtet (Fig. AA).

Bald nach seiner Entstehung tritt das Körperchen, welches, wie ich schon jetzt bemerken will, die Anlage des Bulbus der Nebenöffnung darstellt, in bestimmte Beziehungen zur Centrakapselmembran. Nachdem das Hütchen zunächst fest an die letztere herangerückt ist (Fig. BB), entfernt es sich wieder von ihr, wobei es jedoch mit seinem Rande mit der Centrakapselmembran in Verbindung bleibt. Dieser Zusammenhang wird durch eine ringförmig ausgebildete Membran vermittelt, die zunächst ein kurzes, bei dem weitem Zurücktreten des Bulbus sich aber verlängerndes, röhrenförmiges Zwischenstück zwischen diesem und der Centrakapselmembran darstellt (Fig. CC u. DD). Am äusseren Rande zeigt das Rohr eine deutliche Verdickung seiner Wandung.

Während dieser Vorgänge hat sich in dem von dem cylindrischen Aufsatz des Bulbus umgrenzten Theile der Centrakapselmembran eine Verringerung ihrer Dicke vollzogen. Die Dickenabnahme ist jedoch keine gleichmässige, sondern sie ist in der Mitte am stärksten, wo es schliesslich zu einer Durchbrechung kommt. Die entstandene Oeffnung, deren Rand eine bisweilen nicht unbeträchtliche Verdickung besitzt (Fig. EE u. FF), vergrössert sich im weiteren Verlauf, während gleichzeitig wieder eine geringe Annäherung des Bulbus an die Centrakapselmembran in Folge von Verkürzung des Zwischenstückes statt-

findet. Ausserdem bemerkt man, dass nicht nur die Grösse des Bulbus zugenommen hat, sondern auch seine äussere Form eine etwas andere geworden ist, indem sie sich der Kugelgestalt mehr genähert hat.

Inzwischen scheint sich auch schon der Oeffnungskegel angelegt zu haben. Nach Allem, was ich gesehen habe, möchte ich glauben, dass derselbe aus einem dem Bulbus entspringenden Fortsatz hervorgeht, der in den spätern Entwicklungsstadien an der nach aussen gerichteten Seite des Bulbus sichtbar wird und bis in das Innere des letztern zu verfolgen ist (Fig. EE u. FF). Mit der Entstehung dieses Abschnitts ist die Parapyle in allen ihren Theilen angelegt, und es bedarf nur noch einer geringen Erweiterung der Oeffnung in der Centralkapselmembran sowie des Hervortretens des Oeffnungskegels über die Oberfläche derselben, um der jungen Bildung in allem Wesentlichen das Aussehen der alten zu verleihen.

Die Verkürzung des den Bulbus mit der Centralkapselmembran verbindenden röhrenförmigen Zwischenstückes kann so weit fortschreiten, dass es zu einem vollständigen Verschwinden desselben kommt und der Bulbus bis unmittelbar an die Membran der Centralkapsel heranrückt (Fig. B, S. 211). Sehr oft bleiben jedoch Reste der erwähnten Bildung vorhanden und bewirken ein etwas abweichendes Aussehen (Fig. GG u. HH).

Hinsichtlich der Beziehungen zwischen den Entwicklungsphasen der Nebenöffnungen und denen des sich theilenden Kerns sei hier erwähnt, dass der in Fig. BB dargestellte Zustand etwa zur Zeit der Aequatorialplatte erreicht wird. Nach Trennung der Tochterplatten findet man die jungen Parapylen ungefähr auf der Stufe von Fig. CC, während die in den übrigen Abbildungen bis Fig. FF wiedergegebenen Stadien auf die in Reconstruction begriffenen Tochterkerne entfallen. Vollkommen angelegt und wahrscheinlich auch schon functionsfähig fand ich die jungen Nebenöffnungen bereits in der Uebergangszeit zum fein spongiösen Zustand des Kerngerüsts, wie er auf das in Fig. 18, Taf. 15 dargestellte Stadium folgt. Nach Rückkehr des Kerns in den ruhenden Zustand ist kaum noch ein Unterschied zwischen der vom Mutterthier übernommenen und der neu gebildeten Parapyle zu bemerken.

Was den Bau der ausgebildeten Nebenöffnung betrifft, so habe ich dem Gesagten nur noch Weniges hinzuzufügen. Bezüglich des Oeffnungshalses ist auf eine kleine Abweichung von den Darstellungen R. HERTWIG's hinzuweisen, in dessen Abbildungen (79, tab. 10, fig. 7) dieser Theil als ein dünnwandiger, röhrenförmiger Aufsatz auf der

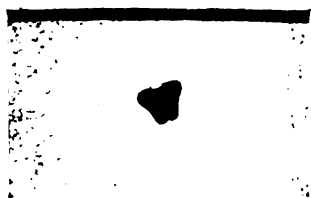


Fig. AA.



Fig. BB.



Fig. CC.

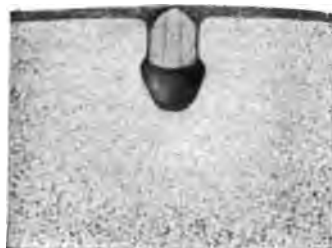


Fig. DD.

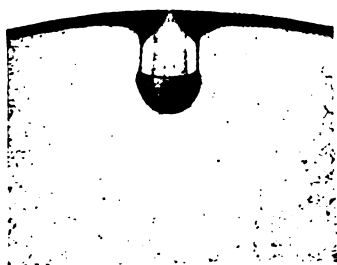


Fig. EE.

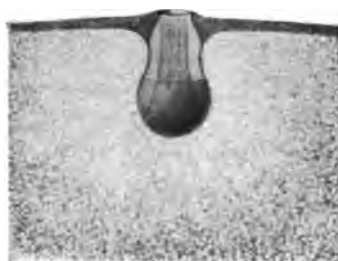


Fig. FF.



Fig. GG.



Fig. HH.

Oberfläche der Centralkapsel erscheint. Diesen Eindruck erhält man thatsächlich häufig, wenn man von oben her auf die Nebenöffnung sieht. Bei dem Material von *Castanidium*, das mir für frühere Untersuchungen (91) zur Verfügung stand und bei dem fast in allen Fällen die Centralkapselmembran an den Nebenöffnungen sich abgehoben hatte, war ich zu einer ähnlichen Auffassung wie HERTWIG gekommen. Bei *Aulacantha* unterliegt es jedoch keinem Zweifel, dass der Oeffnungsbals von einer Verdickung der Membran gebildet wird, vergleichbar derjenigen, wie sie sich auch im Umkreis der Hauptöffnung findet. Bald erscheint sie als gelinde Anschwellung, die eine kaum merkliche Erhebung der Aussenfläche bewirkt (Fig. HH), bald ruft sie das Bild eines kleinen Hügels mit allmählich abfallenden Böschungen hervor (Fig. GG), in noch andern Fällen endlich kommt es zur Entstehung einer niedrigen, mehr ringartigen Umwallung in der Umgebung des Oeffnungskegels (Fig. B, S. 211). Bei den Nebenöffnungen von *Castanidium* werden bei der weitgehenden Uebereinstimmung im Bau dieser Gebilde, wie ich vermuthete, die Verhältnisse ganz ähnlich liegen.

Der Bulbus besitzt bei den Parapylen von *Aulacantha* eine etwas mehr als halbkugelige Gestalt, oder er ist von schwach länglich runder Form, wobei seine kürzere Axe senkrecht zur Oberfläche der Centralkapsel steht. Der Durchmesser des Bulbus beträgt im Maximum $6\ \mu$ und erreicht somit nur die Hälfte der bei *Castanidium variabile* beobachteten Grösse dieses Gebildes. An der dem Oeffnungskegel entgegengesetzten Seite bemerkte ich häufig, auch schon in jüngern Stadien, einen runden hellern Fleck, den ich für eine Oeffnung zum Durchtritt des Endoplasmas in den Bulbus und weiterhin in den Oeffnungskegel halten möchte. Eine grössere Zahl derartiger Poren, wie ich sie bei *Castanidium* gefunden habe, konnte ich bei *Aulacantha* nicht nachweisen; selbst die eine Oeffnung war nur in vereinzelten Fällen deutlich zu erkennen, doch dürfte das Vorhandensein eines derartigen Communicationsweges in allen Fällen wohl als wahrscheinlich angenommen werden.

Der Oeffnungskegel, in den sich der Bulbus nach aussen zu fortsetzt, lässt in seinem Innern einen Kranz von feinen Fibrillen erkennen. Diese verlaufen vom Bulbus her nach der Spitze des Kegels. Ihre Zahl ist bedeutend geringer als bei *Castanidium variabile* und dürfte 15 kaum übersteigen.

Hinsichtlich der Betheiligung der beiden Kapselmembranen, der Ecto- und Endocapsa, an der Bildung der Nebenöffnungen liegt die Sache augenscheinlich etwas anders, als HERTWIG annimmt. Nach

Ansicht des genannten Forschers soll der Oeffnungshals dadurch zu Stande kommen, dass die äussere Membran eine mehr oder minder hohe, ringförmige Erhebung bildet, an deren oberem Rande sie sich umschlägt, um in Gestalt eines feinen Häutchens die Innenseite des Kragens auszukleiden und am Grunde desselben mit der innern Membran zu verwachsen. Wie ich schon ausführte, dürfte das ganze Gebilde dagegen als eine einfache Verdickung der Membran, und zwar der äussern Schicht, der derbern Ectocapsa, aufzufassen sein.

Als einen Theil der Endocapsa fasse ich das in gewissen jungen Stadien der Parapyle stark entwickelte, später aber bis auf einen kleinen Rest oder gänzlich sich zurückbildende Zwischenstück auf, das den Rand des Bulbus mit dem Innenrand des Oeffnungshalses verbindet und das den Bulbus wie eine Einstülpung dieser Membran erscheinen lässt.

An der Bildung des Oeffnungskegels scheint mir weder die Ectocapsa, wie HAECKEL vermuthet und wie ich selbst früher angenommen habe, betheiligt zu sein, noch auch die Ansicht HERTWIG's zuzutreffen, wonach dieser Theil eine Erhebung der innern Membran darstellt, vielmehr vermuthet ich nach den Befunden an *Aulacantha*, dass der Kegel ein Product des Bulbus ist.

Die radiäre Streifung unterhalb der Nebenöffnungen ist bei jungen Entwicklungszuständen derselben nur die Folge einer strahligen Anordnung der Plasmaalveolen in der Umgebung des Bulbus. Späterhin findet man hier zahlreiche feine Fibrillen entwickelt, die einerseits bis an die Oberfläche des Bulbus zu verfolgen sind, auf der andern Seite sich in dem Endoplasma verlieren.

Schon früher habe ich einmal die Möglichkeit hervorgehoben, dass es sich bei diesen Bildungen um contractile Fasern handle, deren Zusammenziehung ein Zurücktreten der Nebenöffnung von der Oberfläche, und damit ein stärkeres Ausströmen des intracapsularen Protoplasmas bewirke. Damals habe ich jedoch diese Annahme verworfen, da ich Gründe zu haben glaubte, an ihrer Richtigkeit zu zweifeln. Nach meinen neuern Untersuchungen will es mir dagegen scheinen, als ob die Thatfachen doch sehr zu Gunsten der erwähnten Auffassung sprechen.

Allerdings ist für die sichere Entscheidung dieser und anderer den Bau oder die Function der Nebenöffnungen betreffenden Fragen *Aulacantha scolymantha* nicht das geeignetste Untersuchungsobject, denn, wenngleich bei der genannten Form die Parapylen nicht gerade als klein zu bezeichnen sind, so besitzen doch viele andere Arten be-

deutend grössere Nebenöffnungen, deren Untersuchung weniger mühsam ist.

Das Verhalten der Hauptöffnung bei der Theilung ist in wenigen Worten geschildert. Am oralen Pole der Centralkapsel gelegen, wird sie bei der Durchschnürung derselben schliesslich ebenfalls in zwei Hälften zerlegt, von denen je eine auf die beiden Tochterkapseln entfällt, wo sich dann jede zu einer neuen Hauptöffnung entwickelt.

Der Zeitpunkt, auf welchem die Theilung der Astropyle stattfindet, ist ein sehr später. Bis zu dem Auftreten der Theilungsfurche ist keine Veränderung in dem Aussehen der Hauptöffnung bemerkbar, der Oeffnungshof (HERTWIG) oder das Operculum (HAECKEL) stellt nach wie vor einen gewölbten Deckel auf einer kreisförmigen, mit verdicktem Rande versehenen Oeffnung in der Kapselmembran dar. Erst wenn die Furche mehr in die Tiefe gedrungen ist, ändern sich diese Verhältnisse. Die Veränderung besteht darin, dass an den Seiten in der Ebene der Theilungsfurche der Rand des Deckels eine Verschiebung nach der aboralen Seite zu erfährt. So geht die runde Form des Deckels in eine mehr viereckige über. In Folge dessen bleibt auch der Rand des Operculums nicht in einer und derselben Fläche, sondern die in der Theilungsebene zusammenstossenden Hälften erscheinen schliesslich fast unter einem rechten Winkel gegen einander geneigt (Fig. X, S. 237). Am Rande des Deckels zeigt die Kapselmembran wie früher die charakteristische Verdickung.

Bei dieser Veränderung bleibt die Oeffnung in der Mitte des Operculums noch immer in Gestalt einer einfachen kurzen, kegelförmigen Erhebung bestehen, und ebenso behalten die Lamellen unter dem Oeffnungsdeckel ihre radiäre Anordnung um den Mittelpunkt bei. Erst ganz zum Schluss, wenn die Durchschnürung auch den oralen Theil ergriffen hat, ordnen sie sich um zwei neue Centren an, in denen die Oeffnungen sich bilden.

Die Haupttaxen der beiden jungen Tochterkapseln zeigen in Folge dieses Verlaufs der Theilung keine parallele Lage, sondern sie bilden in den letzten Phasen einen annähernd rechten Winkel mit einander.

Im Augenblick der Durchtrennung oder im unmittelbaren Anschluss an dieselbe führen die Tochterkapseln häufig, wenn nicht vielleicht immer, eine kleine Drehung in entgegengesetztem Sinne um den Mittelpunkt ihrer Haupttaxen aus, so dass bei der einen die Hauptöffnung mehr nach vorn, bei der andern mehr nach hinten gerichtet erscheint. In der Fig. Y, S. 239 ist dieses Verhalten nicht besonders zum Ausdruck gebracht worden.

d) Die extracapsularen Körperbestandtheile.

Die ausserhalb der Centralkapsel gelegenen Partien des Körpers spielen bei der Theilung nur eine untergeordnete, mehr passive Rolle. Nachdem die Tochterkapseln sich getrennt, rücken sie aus einander und bilden, wie es früher die Mutterkapsel gethan, jede für sich ein besonderes Centrum für die andern Körperbestandtheile. Diese theilen sich in zwei gleiche Hälften und gruppieren sich um die beiden neuen Mittelpunkte herum. Dabei handelt es sich nicht allein um die extracapsularen Protoplasma- und Gallertmassen, sondern auch die als Phäodium bezeichnete Einlagerung wird in zwei Haufen geschieden, deren jeder mit einer der beiden Tochterkapseln in die charakteristischen Lagebeziehungen tritt. Ebenso unterliegen auch die Bestandtheile des Skelets einer Vertheilung auf die beiden sich bildenden Tochterindividuen; die Radialstacheln wie die Tangentialnadeln sondern sich in zwei Gruppen, deren jede eine der jungen Centralkapseln zum Mittelpunkt hat. Der Verlauf dieser Theilungsvorgänge ist jedoch ein ganz allmählicher. Ehe es zur Trennung der beiden Individuen kommt, nimmt der Körper der *Aulacantha* zunächst eine länglich runde Form an. Später tritt alsdann eine deutlichere Sonderung der Hälften ein, indem dieselben sich mehr abrunden, um schliesslich in Gestalt zweier kleinern Kugeln aus einander zu fallen.

Da bei der Theilung die Zahl der Radialstacheln und ebenso die der Tangentialnadeln für das einzelne Individuum eine Reduction auf die Hälfte erfährt, so erwächst der jungen *Aulacantha* die Aufgabe, den Bestand ihrer Skeletstücke bis zur nächsten Theilung durch Neubildungen möglichst zu verdoppeln. Ueber die Art und Weise, in der dies geschieht, fehlen bisher alle Angaben. Nach meinen Beobachtungen werden die Skelettheile zunächst als häutige Ausscheidungen des Protoplasmas angelegt, die dann später durch Einlagerung von Kieselsäure in diese Grundsubstanz den Zustand der fertigen Skeletbildungen erreichen. Zwischen völlig verkieselten, ganz starren Stacheln findet man nämlich vereinzelt andere, die sich vor jenen durch ihre hochgradige Elasticität auszeichnen, die, ohne zu zerbrechen, eine starke Biegung oder selbst Knickung ertragen und die nach Aufhören des Druckes wieder ihre gewöhnliche gerade Gestalt annehmen. Auch bei andern Tripyleen, bei denen das Skelet nicht aus einzelnen Theilen besteht, sondern ein einziges zusammenhängendes Stück darstellt, wie bei den Challengeriden, traf ich ähnliche Verhältnisse an. Hier bewahrt das Gehäuse während der an dem Weichkörper sich abspielen-

den Theilungsvorgänge, und auch später, vollkommen seine Gestalt. Nach der Trennung der Tochterkapseln verlässt der eine der Sprösslinge durch die Schalenmündung das mütterliche Gehäuse, um selbst ein eigenes an seiner Oberfläche auszuscheiden. Dieses bietet sich dem Beobachter gleichfalls zunächst als zarte häutige Bildung dar, die die Härte und Festigkeit des ausgebildeten Skeletes auch erst durch Einlagerung von Kieselsäure erhält¹⁾.

Die Verkieselung gestaltet sich bei *Aulacantha* augenscheinlich zu einer ziemlich starken, denn ausser gegen Kieselsäure lösende Reagentien, wie beispielsweise Kalilauge, mittels der man in erwärmtem Zustande die Stacheln und Nadeln leicht zerstören kann, zeigen die röhrenförmigen Skelettheile dieser Art trotz ihrer dünnen Wandungen eine grosse Resistenz.

Uebrigens scheinen in Bezug auf den Kieselgehalt der Skeletbildungen unter den einzelnen Triplyleen-Familien bedeutendere Unterschiede zu bestehen. Dass bei diesen Formen, selbst da, wo man es nach den bisherigen Versuchen mit annähernd reiner Kieselsäure zu thun hat, die Beimengungen organischer Substanz doch noch so gross sind, dass sich hieraus allein das scheinbar völlige Fehlen der heut zu Tage so weit verbreiteten und in so grossen Mengen vorkommenden Triplyleen in fossilern Zustande²⁾ erklärte, ist möglich, aber nicht ohne Weiteres als feststehend anzunehmen, die ganze Gruppe könnte ja auch neuern Ursprungs sein.

Es kommt aber noch etwas Anderes hinzu. Auch die recenten Tiefsee-Ablagerungen zeigen sich ausserordentlich arm an Triplyleen. Diese Erscheinung ist sehr wohl dadurch zu erklären, dass bei vielen Arten,

1) Nach HAECKEL (62, 81) sollte auch bei einigen Acantharien die organische Substanz der Stacheln, das Acanthin, später verkieseln, doch hält sich HERTWIG (79) auf Grund seiner eigenen Untersuchungen zu der gegentheiligen Annahme berechtigt, dass nämlich den Arten der genannten Radiolariengruppe allgemein unverkieselte Skelete zukommen. — *Thalassosphaera morum* J. MÜLLER, bei der HAECKEL (62) gleichfalls das Vorhandensein von Anfangs aus organischer Substanz, später verkieselnden Skelettheilen nachgewiesen zu haben glaubte, kann hier nicht in Betracht kommen, da die betreffenden Bildungen sich bei genauerer Untersuchung als kalkige, von aussen stammende Einlagerungen herausgestellt haben.

2) Nur PANTANELLI u. DE STEFANI (80) erwähnen eine *Aulacantha* aus dem miocänen Tripel von Santa Barbera in Calabrien. Da jedoch weder eine Abbildung noch eine Beschreibung dieses Fundes gegeben wird, so ist leider nicht festzustellen, ob es sich bei demselben wirklich um die genannte Form gehandelt hat.

so auch bei sämtlichen Aulacanthiden, das Skelet aus lauter einzelnen, nicht fest mit einander verbundenen Stücken besteht, die bei dem Tode des Thieres vollkommen aus einander fallen, während die Skeletbildungen einer grossen Zahl anderer Formen, wie beispielsweise der Sagosphäriden, Aulosphäriden und Cannosphäriden, nach dem Absterben des sie stützenden Weichkörpers bei ihrer Zartheit und ihrer relativ bedeutenden Grösse einer Zertrümmerung leicht anheim fallen. In beiden Fällen wird alsdann aber eine sichere Erkennung der Herkunft der aufgefundenen Theilstücke nicht leicht sein.

Bei dieser Lage der Dinge würde zu erwarten sein, dass kleinere, festere Formen in den Ablagerungen des Meeresbodens sich erhalten zeigten. Thatsächlich wurden auch Challengeriden sowie Arten der Gattung *Cadium*¹⁾ in Grundproben vorgefunden. Es wäre eben nur die Frage, ob die Skelete dieser Formen für die Dauer den auf sie wirkenden zerstörenden Einflüssen widerstehen würden. Jeden Falls wären sie, wenn sie fossil vorkämen, nicht leicht zu verkennen. Vielleicht fördert eine genauere Durchforschung der ältern und neuern Formationen doch noch Angehörige unserer Radiolariengruppe zu Tage, was ich nach den bisherigen negativen Resultaten allerdings nicht für sehr wahrscheinlich halte.

Es dürfte hier der Ort dafür sein, auch noch etwas näher auf das Phäodium einzugehen, über dessen Natur die Ansichten bis jetzt noch sehr wenig geklärt sind.

In seiner ersten Monographie der Radiolarien beschreibt HAECKEL (62) das Phäodium als eine dunkle, meist schwarzbraun oder grünlich gefärbte Pigmentmasse, die zu einem Theil aus wahren, mit Farbstoffkörnern erfüllten Zellen, zum andern Theil aus amorphen Körnern von verschiedener Gestalt und Grösse bestehen soll. Dieselbe Auffassung vertritt HAECKEL auf Grund erneuerter eigener Untersuchungen, sowie einer von MURRAY (76, p. 536) über diesen Gegenstand gemachten Angabe auch später (87). Allerdings scheint HAECKEL's Ansicht hier nicht mehr ganz so fest zu stehen wie früher, denn in einem inzwischen veröffentlichten Aufsatz über die Phäodarien (79, p. 153) betont er sogar besonders, dass „die Phäodellen oder die grossen braunen

1) Die Zugehörigkeit des von BAILLY (56) aufgestellten Genus *Cadium* zu den Tripyleen habe ich bereits früher (92) nachgewiesen. Die Dictyochiden können weder hier noch unter den fossilen Tripyleen mitgerechnet werden, da sie, wie ich (91) festgestellt habe, keine Tripyleen, überhaupt keine Radiolarien sind.

Körner des Phäodium“ nicht als „echte Pigment-Zellen“, wie MURRAY angiebt, angesprochen werden dürften. Hiermit stimmt auch die den neuern Ausführungen HAECKEL's (87, p. 1535) hinzugefügte Bemerkung überein, dass er in auffallendem Gegensatz zu seinen sonstigen Beobachtungen auch vielfach nicht eine einzige kernhaltige Zelle im Phäodium auffinden konnte, sondern dieses sich nur aus unregelmässigen Pigmentkörnern zusammengesetzt zeigte. Die Angaben, die R. HERTWIG (79, p. 99) über das Phäodium macht, lassen keinen Zweifel darüber, dass dieser Forscher in demselben keine aus Zellen zusammengesetzte Bildung erblickt. Ihm schliesst sich KARAWAIEW (95) an, der bei seinen Untersuchungen an *Aulacantha* auch dem Phäodium besondere Aufmerksamkeit zugewendet hat und der eine genaue Beschreibung seiner Bestandtheile giebt.

Ebenso wenig enig wie über den Bau ist man sich hinsichtlich des physiologischen Charakters des Phäodiums. Während HAECKEL (87) die von HERTWIG (79) ausgesprochene Vermuthung, dass es sich hier hauptsächlich um „halb assimilirte Nahrungsbestandtheile“ handle, für weniger wahrscheinlich erklärt, zieht er selbst einige andere Möglichkeiten in Erwägung. So könne zunächst das Phäodium der Empfindung von Licht oder Wärme dienen. Diese Auffassung ist zwar nicht ohne Weiteres von der Hand zu weisen, da die dunkel gefärbte Masse wohl geeignet erscheint, Wärmestrahlen in höherm Grade zu absorbiren als die übrigen Körperbestandtheile, doch ist andererseits darauf hinzuweisen, dass zahlreiche Tripyleenarten, und unter ihnen auch *Aulacantha scolymantha*, offenbar in sehr geringem Grade nur von der Temperatur abhängig sein können, da sie sowohl in warmen als auch in kalten Meerestheilen angetroffen werden. Was die Lichtempfindung betrifft, so wird man sich gegenwärtig zu halten haben, dass eine nicht unbedeutende Zahl von Phäodarienformen ausschliesslich die lichtlosen grossen Tiefen der Oceane bewohnt, wo sie aus ihrem Besitz also keinen Vortheil zu ziehen vermöchten.

Eine andere Hypothese HAECKEL's bringt das Phäodium mit der Assimilation der Nahrung in Beziehung, wobei diesem Theile des Körpers die Wirkung eines verdauenden Ferments zugeschrieben wird. Ausserdem könne auch daran gedacht werden, dass das Phäodium zur Abtödtung oder Lähmung der Beutethiere diene, indem es einen ähnlichen giftigen Einfluss ausübe wie die Nesselzellen der Cnidarier. Als Stütze für erstere Annahme liesse sich allerdings die Anhäufung von Nahrungstheilen oder deren Resten zwischen den Phäodellen an-

führen, eine Erscheinung, die auch KARAWAIEW bestimmt hat, die Rolle, die das Phäodium spielt, in der Mitwirkung bei der Assimilation der Nahrung zu suchen. Mit weniger Recht dürfte dagegen wohl eine Theilnahme des Phäodiums an der Bewältigung der Beute, durch Aeusserung einer giftigen Wirkung, als wahrscheinlich angenommen werden. Man könnte eine derartige Bedeutung des Phäodiums vielleicht voraussetzen, wenn dasselbe den peripheren Partien des Körpers eingelagert wäre, wo es sogleich mit der Beute in Berührung gebracht werden könnte, während bei seiner mehr centralen Lage eine erfolgreiche Verwendung ausgeschlossen wäre, da die Bewältigung des Raubes doch nur den Pseudopodien zufallen würde.

Endlich hält HAECKEL es noch für möglich, dass die Phäodellen pflanzliche Symbionten der Tripyleen seien, einzellige Algen, die mit diesen Formen vergesellschaftet leben, ähnlich den bei andern Radiolarien sich findenden Zooxanthellen. Ganz abgesehen zunächst von den Verhältnissen des Baues der Phäodellen, würde gegen die Annahme ihrer pflanzlichen Natur das Vorkommen der sie beherbergenden Formen in Tiefen, wo alles vegetabilische Leben, soweit es wenigstens vom Lichte abhängig ist, dem Mangel an solchem erliegen muss, schwer ins Gewicht fallen.

Ehe ich weiter auf die Frage nach der physiologischen Bedeutung des Phäodiums eingehe, möchte ich noch einige Bemerkungen über den Bau dieses Körperteils machen. Der Widerspruch in den Angaben über diesen Gegenstand dürfte sich allein aus der schon angedeuteten Thatsache erklären lassen, dass das Phäodium keine einheitliche Bildung darstellt. Ich bin bei meinen Untersuchungen zu der Ueberzeugung gekommen, dass es sich bei den kernhaltigen Bildungen, die man im Phäodium vorfindet, nur um Nahrungstheile handelt, zu denen eventuell hin und wieder parasitäre Eindringlinge, möglicher Weise auch Symbionten, hinzukommen, jeden Falls aber nicht um Bestandtheile oder Erzeugnisse des Tripyleenkörpers selbst.

Die von aussen herrührenden Einlagerungen im Phäodium sind von sehr verschiedener Art. Eine nicht unwichtige Rolle spielen unter denselben die Diatomeen und andere einzellige Pflanzenformen. Ihnen gesellen sich die mannigfachsten thierischen Objecte zu, Protozoen aus verschiedenen Abtheilungen, besonders auch kleinere Radiolarienarten, Ballen von Copepodeneiern, Nauplien, ein- oder vielkernige Protoplastmaklumpen verschiedener Grösse, zusammengedrückte leere Membranen, deren Herkunft meist nicht mehr zu ermitteln ist, und ähnliche Dinge mehr. Erwähnt seien endlich auch noch kleinere und

grössere schwarze Brocken, die wie Kohlenpartikel aussehen. Die Art und Menge dieser verschiedenen Einlagerungen ist selbst bei den Individuen einer und derselben Art eine sehr wechselnde.

Offenbar haben diese Beimengungen des Phäodiums, unter denen gelegentlich einzellige Gebilde stark überwiegen mögen, zu der Ansicht von der zelligen Beschaffenheit der Phäodellen geführt.

Den Angaben KARAWAIEW's über den Bau der das Phäodium bei *Aulacantha* zusammensetzenden Massen habe ich nichts wesentlich Neues hinzuzufügen. Die Gestalt der Phäodellen ist eine ellipsoidische oder rundliche; ihre Grösse zeigt beträchtliche Schwankungen, indem der Durchmesser bei den kleinsten unter ihnen kaum $1\ \mu$ erreicht, während derselbe bei der überwiegenden Mehrzahl zwischen 6 und $10\ \mu$, bei manchen aber $20\ \mu$ oder noch mehr beträgt. Uebrigens ist die durchschnittliche Grösse der Phäodellen bei den einzelnen Individuen oft eine recht verschiedene. Die Structur der Phäodellen ist bald körnig, bald faserig, in andern Fällen zeigen sie einen geschichteten Bau oder sie erscheinen als vollkommen homogene Bildungen. Vielfach, und namentlich bei grössern Ballen, zeigte sich die äusserste Partie als eine besondere Hüllschicht differenzirt. Die Farbe ist eine ziemlich wechselnde. Neben fast ganz farblosen trifft man gelblich, braun oder grün gefärbte Phäodellen an. Im Allgemeinen herrscht jedoch die olivgrüne Färbung mit ihren verschiedenen grauen, gelben oder bräunlichen Tönen vor. Die Grundmasse der Phäodellen umschliesst ausser dunklern bis vollkommen schwarz erscheinenden Partikeln von verschiedener Grösse noch kleine helle, stark lichtbrechende Körnchen, Kügelchen und Stäbchen, die auch durch die angewandten Färbemittel nicht tingirt wurden. Die Menge dieser Einlagerungen ist eine sehr wechselnde, in manchen Phäodellen werden sie gänzlich vermisst. Ebenso finden sich die erwähnten Gebilde nicht ausschliesslich im Innern der Phäodellen, sondern auch isolirt zwischen denselben zerstreut.

Die eben geschilderten Bildungen, die unter Ausschluss der vorher erwähnten, von aussen stammenden und höchst wechselnden Beimengungen, ich möchte sagen, das eigentliche Phäodium, das Phäodium im engern Sinne darstellen, in so fern, als sie den constanten, bei allen Tripyleen in ganz ähnlicher Weise entwickelten Theil desselben ausmachen, sind, wie ich schon andeutete, ein Erzeugniss des Radiolarienkörpers selbst. Es erscheint mir nicht überflüssig, diesen Punkt hier besonders zu betonen, nicht nur deswegen, weil diese Auffassung bei keinem der andern Autoren klar zum Ausdruck gekommen

ist, sondern vor allen Dingen, weil jeden Falls der Nachweis für **ihre** Entstehung innerhalb des Individuums bisher in keiner Weise erbracht worden war. Dagegen begegnet man überall dem Hinweis auf **die** einseitige Lagerung des Phäodiums vor dem die Hauptöffnung tragenden Theil der Centralkapsel, denn die Beziehungen dieses Körpertheils zur Astropyle sind unverkennbar. Bei meinen Untersuchungen glaube ich nun mit Sicherheit festgestellt zu haben, dass das Centralkapselinnere, und zwar das Endoplasma, die Bildungsstätte für die Substanz der Phäodellen ist.

Unter der Hauptöffnung und bis zwischen die radiären Lamellen vordringend beobachtet man, gelegentlich in grosser Menge in das Protoplasma eingelagert, kleine rundliche Körnchen, die hier eine dunklere, granulierte Stelle erzeugen. Der Durchmesser der Körnchen beträgt bei den kleinsten nur den Bruchtheil von $1\ \mu$, bei den grössern bis etwas über $1\ \mu$. Sie werden durch Farbstoffe nicht tingirt und zeigen oft einen matten, grünlichen Schimmer. Sucht man ausserhalb der Astropyle nach ähnlichen Gebilden, so findet man sie auch hier meist in beträchtlicher Zahl, und so übereinstimmend ist Grösse und Aussehen, dass an der Identität derselben kaum zu zweifeln ist. Ich nehme für bestimmt an, dass diese kleinen Kügelchen sich zusammenballen und auf diese Weise die grössern Phäodellen bilden.

Erwähnt sei hier, dass HERTWIG offenbar dieselben Körnchen unter der Hauptöffnung schon bemerkt hat (79, tab. 10, fig. 10), sie jedoch für Fettgranula hielt.

Wäre es möglich, den eben berichteten Befunden eine andere Deutung zu geben, so müsste der Nachweis richtiger Phäodellen im oralen Theil der Endoplasmamasse, wie ich sie bei einem Individuum von *Aulacantha* vorfand, jeden Zweifel zerstreuen. Sie unterschieden sich in nichts von den ausserhalb der Centralkapselmembran gelegenen Phäodellen. Ausser minimalen und etwas grössern, in bedeutenden Mengen vorhandenen grünlichen Kügelchen fanden sich in diesem Falle einzelne umfangreichere Ballen, von denen der eine einen Durchmesser von $20\ \mu$ hatte; auch fehlten die dunklen Körnchen nicht, die in beträchtlicher Zahl meistens im Innern der Ballen, vielfach aber auch ausserhalb derselben angetroffen wurden. Die grössern Phäodellen waren nicht direct vom Endoplasma umgeben, sondern in Vacuolen eingelagert.

Hier hatte also eine Zusammenballung der Phäodellen-Bestandtheile, die sonst erst ausserhalb erfolgt, schon im Innern der Centralkapsel stattgefunden.

Es bliebe endlich nur noch die Frage nach der stofflichen Beschaffenheit der Phäodellen und ihrer physiologischen Bedeutung zu erörtern.

KARAWAIEW hält die Grundmasse der Phäodellen für plasmatisch und spricht von Pigment, das bald in Gestalt von Körnchen in ihnen eingeschlossen, bald anscheinend in gelöster Form der Substanz beigemischt ist. Ueber die andern Einlagerungen der Phäodellen äussert er sich nicht weiter.

Die Auffassung des russischen Forschers bezüglich der Grundsubstanz kann ich nicht bestätigen. Die Aehnlichkeit mit dem Plasma ist nach meinen Untersuchungen keineswegs so bedeutend, wie KARAWAIEW angiebt, so zeigen sich zunächst einmal zum Unterschied vom Protoplasma die Phäodellen fast vollkommen indifferent gegen Farbstoffe. Noch mehr aber spricht gegen die protoplasmatische Natur ihr Verhalten gegenüber verschiedenen andern Reagentien.

Bei Behandlung mit MILLON's Reagens, wobei die Aulacanthen im Uhrschildchen mit der genannten Flüssigkeit zusammen kurz erwärmt wurden, färbte sich die Centralkapsel intensiv roth, während die Masse des Phäodiums ihr gewöhnliches Aussehen behielt. Zwar fanden sich zwischen den Phäodellen auch einzelne rosa oder kräftiger roth gefärbte Klümpchen, doch wurden dieselben bei genauerer Untersuchung als Theile des extracapsularen Protoplasmas oder von aussen stammende Bestandtheile erkannt.

Um zu untersuchen, ob die Phäodellen durch Pepsin gelöst werden würden, setzte ich eine Anzahl von Aulacanthen der Einwirkung einer aus 0,15 g Pepsin, 100 ccm Wasser und 0,25 g Salzsäure bestehenden Verdauungsflüssigkeit aus. Nach mehr als 72stündigem Digeriren bei einer Temperatur von 38–40° C war an den Phäodellen keinerlei Veränderung zu bemerken. Von den Bestandtheilen der Centralkapsel erwiesen sich Membran und Kern als äusserst resistent.

Nach Erhitzen mit concentrirter Salpeter-, Schwefel- und Salzsäure zeigten die Phäodellen sich noch erhalten, wenn die Centralkapsel bereits längst zerstört war. Eine ähnliche Widerstandsfähigkeit dieser Gebilde wurde gegenüber der Einwirkung von Alkalien (Ammoniak, Kalilauge) beobachtet.

Auch Eau de Javelle, das in kürzester Zeit die Centralkapsel zum Verschwinden brachte, liess die Phäodellen, wie es schien, ganz unverändert. Bei alle diesem ist noch in Betracht zu ziehen, dass die Masse der einzelnen Phäodellen ganz bedeutend viel kleiner als die der Centralkapsel ist.

Hiernach wird kein Zweifel mehr darüber sein, dass es sich bei der Substanz der in Rede stehenden Bildungen nicht um Protoplasma handeln kann.

Zur weitem Charakterisirung des chemischen Verhaltens dieser Substanz sei hier noch erwähnt, dass dieselbe durch andere Mittel, wie Alkohol, Glycerin, Aether, Chloroform und Schwefelkohlenstoff, nicht gelöst oder sichtbar verändert wurde.

Den Phäodellen nicht unähnliche Gebilde sind auch bei andern Rhizopodenformen beobachtet und hier bald für Bestandtheile des Weichkörpers, die mit der Verarbeitung und Verdauung der aufgenommenen Nahrung zu thun haben, bald für Fortpflanzungskörper oder parasitäre einzellige Algen gehalten worden. Dieselben haben mithin fast die gleiche Deutung wie die Phäodellen der Tripyleen erfahren. Ihre wahre Natur, auf die ich gleich zurückkommen werde, ist zuerst von RHUMBLER (92) erkannt worden, dessen Angaben neuerdings durch SCHAUDINN (99) bestätigt worden sind.

Die Aehnlichkeit zwischen den Phäodellen und den eben erwähnten, von SCHAUDINN als „Sterkome“ bezeichneten Bildungen besteht vor allen Dingen in der bedeutenden Resistenz, die beide Arten von Einlagerungen gegen Säuren und Alkalien zeigen, doch erstreckt sich dieselbe auch auf andere Einzelheiten, wie Form, Grösse und Färbung.

Andererseits sind jedoch auch eine Reihe gewichtiger Unterschiede zu erwähnen. Abgesehen davon, dass nach dem, was RHUMBLER (93, 94) und SCHAUDINN (99) darüber berichten, die Sterkome sich nicht in dem Maasse indifferent gegen Farbstoffe zeigen wie die Phäodellen der Tripyleen, fehlen in den letztern auch alle jene Einschlüsse, wie Diatomeenpanzer, Spongiennadeln, Bruchstücke von Muschelschalen etc., die in den erstgenannten Bildungen in ganz ähnlicher Weise bei verschiedenen Formen von RHUMBLER und SCHAUDINN beobachtet wurden. Dieser Unterschied hängt mit der verschiedenen Entstehungsweise der in Rede stehenden Gebilde zusammen, denn die Sterkome werden offenbar einfach aus den aufgenommenen Schlickmassen des Meeresbodens, denen alle die erwähnten Einlagerungen entstammen, unter Hinzufügung mehr oder minder reichlicher Abscheidungen des Weichkörpers geformt. Eine solche Art der Entstehung könnte natürlich für die Phäodellen bei der pelagischen Lebensweise der Tripyleen von vorn herein schon gar nicht in Frage kommen.

Hierzu kommt ferner, und dies ist eine Folge der eben erwähnten Entstehungsart, dass die Sterkome, die SCHAUDINN „bei fast allen

schlammbewohnenden Rhizopoden in übereinstimmender Weise“ entwickelt fand, nach seinen Versuchen an *Trichosphaerium* nicht einen regelmässigen Bestandtheil des Organismus bilden, sondern bei Entfernung der Thiere aus dem Schlick und geeigneter Ernährung gänzlich aus ihrem Körper verschwinden¹⁾, wohingegen die Phäodellen der Tripyleen eine constante, für diese Radiolariengruppe ganz charakteristische Einlagerung im Extracapsularium darstellen, die nur bei gewissen Fortpflanzungsstadien, wie später zu zeigen sein wird, vermisst wird.

Der wichtigste Unterschied ist jedoch der, dass wir es auf der einen Seite mit Ballen unverdaulicher Nahrungsbestandtheile, also von aussen aufgenommenen Massen, im andern Falle aber mit einem Erzeugniss des Organismus selbst zu thun haben. So ähnlich diese Bildungen mithin in mancher Beziehung auch sein mögen, so sind sie doch, im Grunde genommen, von recht verschiedener Natur.

War durch die Beobachtungen, über die weiter oben berichtet wurde, festgestellt, dass die Grundsubstanz der Phäodellen ein Abscheidungsproduct des Tripyleenkörpers darstellt, so lag der Gedanke nahe, dass unter den Körnern verschiedener Art, wie sie theils im Innern der Phäodellen, theils zwischen ihnen angetroffen werden, auch Harnconcremente sich befinden möchten, um so mehr, als bei andern Protozoen Harnsäure thatsächlich nachgewiesen worden ist²⁾.

Aus diesem Grunde machte ich die Murexidprobe, doch war das Resultat ein negatives. Der nach dem Verdampfen der Salpetersäure verbleibende Rückstand zeigte statt der charakteristischen rothen Farbe den grünlich gelben Ton der Phäodellen, auch trat weder bei Zusatz

1) Bei der Foraminifere *Truncatulina* sollten schon nach einer frühern Angabe RHUMBLER's (92) die Schlickkugeln sich nur bei den vom Boden entnommenen Individuen finden, während die auf Bryozoen- und Hydrozoenstöckchen angetroffenen Exemplare derselben entbehrten. Später (93) hat dann derselbe Forscher berichtend hervorgehoben dass ein derartiger Unterschied nicht bestehe, dass vielmehr bei den einen wie den andern die betreffenden Ballen sich ausgebildet zeigten. Dieser Befund dürfte jedoch kaum im Widerspruch zu den Beobachtungen SCHAUDINN's stehen. Auch an dem letztgenannten Wohnort haben sich in diesem Falle offenbar noch genügende Detritismengen für die Bildung der Sterkome vorgefunden.

2) So von RHUMBLER (88, p. 560), dessen Versuche aber, wie schon von anderer Seite hervorgehoben worden ist, nicht ganz einwandfrei und beweisend sind, bei *Stylonychia*; von GRIFFITHS (89) bei *Amoeba*, *Vorticella* und *Paramaecium*; von SCHAUDINN (99) bei *Trichosphaerium*.

von Ammoniak noch von Kalilauge zu demselben die bei der Anwesenheit von Harnsäure zu beobachtende Farbenveränderung auf. Ich möchte diesen Versuch jedoch nicht für absolut beweisend gegen das Vorhandensein von Harnsäure halten, da es ja immerhin möglich ist, dass die Menge dieser Substanz so gering ist, dass die von den Phäodellen herrührende Färbung das Hervortreten des rothen Farbentons beeinträchtigte.

Wenn auch die genauere Untersuchung gezeigt hat, dass man die Bedeutung des Phäodiums in einer andern Richtung zu suchen hat als die frühern Beobachter annahmen, so will ich doch nicht unerwähnt lassen, dass ich von den verschiedenen Ansichten über diesen Punkt die von HAECKEL herrührende und später von KARAWALEW vertretene Auffassung lange Zeit für die wahrscheinlichste gehalten habe, scheint doch der Umstand, dass die aufgenommenen Nahrungstheile alle an der einen Stelle, nämlich zwischen den Phäodellen angehäuft werden und man sie hier in den verschiedensten Stadien der Verdauung vorfindet, auf eine Mitwirkung dieser Gebilde bei der Assimilation der Nahrung hinzudeuten.

Da diese Annahme jedoch zur Voraussetzung hätte, dass die Phäodellen aus protoplasmatischer Substanz beständen, das Gegentheil aber thatsächlich der Fall ist, so war mit diesem Nachweis der ursprünglich geplante Versuch, ob sich vielleicht aus den Phäodellen einer grössern Zahl von Individuen ein Stoff würde extrahiren lassen, der die Wirkung eines der bekannten Enzyme aufwiese, überflüssig geworden.

Aufzuklären bliebe immerhin noch die Frage, warum die Tripleen ihre Ausscheidungsproducte nicht regelmässig aus dem Körper entfernen, sondern dieselben im Extracapsularium anhäufen. Man wird unter diesen Umständen kaum umhin können, anzunehmen, dass diese Bildungen für den Organismus noch irgend eine Bedeutung besitzen. Sonst wäre es jeden Falls auch schwer verständlich, weshalb bei der Theilung jedem der Tochterindividuen eine Hälfte des Phäodiums mit auf den Weg gegeben wird und das Thier nicht diese Gelegenheit benutzte, um sich desselben als etwas Ueberflüssigen zu entledigen.

Man könnte vielleicht daran denken, dass die Anhäufung der Phäodellen die Schwimmfähigkeit des Organismus erhöhe. Dieser Annahme steht jedoch die Thatsache entgegen, dass das specifische Gewicht der Kügelchen grösser als das des Meerwassers ist. Ausserdem wäre es möglich, und dies scheint mir die plausibelste Erklärung,

dass die Bedeutung der Phäodellenaufspeicherung in der durch sie hervorgerufenen Oberflächenvergrösserung des Weichkörpers zu suchen ist. Diese Auffassung würde auch der Ansicht MEISSNER's (88) entsprechen, der die bei Rhizopoden vielfach zu beobachtende Erscheinung, dass Stoffe ohne Nährwerth im Protoplasma angehäuft und von dem Thier lange Zeit mit sich herumgeschleppt werden, mit der dadurch bedingten Oberflächenvergrösserung in Beziehung bringt, die ihrerseits Gasaustausch wie Ernährung begünstigt.

Literaturverzeichniss.

- BAILEY, J. W. (56), Notice of microscopic forms found in the soundings of the Sea of Kamtschatka, in: Amer. Journ. Sc. Arts, (Ser. 2) V. 22, 1856, p. 1—6, tab. 1.
- BALBIANI, E. G. (95), Sur la structure et la division du noyau chez la *Spirochona gemmipara*, in: Ann. Microgr., V. 7, 1895, p. 241—260 u. 289—312, tab. 1 u. 2.
- BORGERT, A. (91), Ueber die Dictyochiden, insbesondere über *Distaphanus speculum*, sowie Studien an Phäodarien, in: Z. wiss. Zool., V. 51, 1891, p. 629—676, tab. 33.
- (92), Vorbericht über einige Phäodarien- (Tripyleen-)Familien der Plankton-Expedition, in: Ergebnisse d. Plankton-Exped., V. 1 A (Reisebeschreibung) 1892, p. 176—184, tab. 6.
- (96a), Zur Fortpflanzung der tripyleen Radiolarien (Phäodarien), in: Zool. Anz., V. 19, 1896, p. 307—311.
- (96b), Fortpflanzungsverhältnisse bei tripyleen Radiolarien (Phaeodarien), in: Verh. D. zool. Ges. 6. Jahresversammlung zu Bonn, 1896, p. 192—195, 8 Textfigg.
- (97), Beiträge zur Kenntniss des in *Sticholonche zanclea* und *Acanthometriden* vorkommenden Parasiten (Spiralkörper *Fol.*, *Amoebophrya Köppen*), in: Z. wiss. Zool., V. 63, 1897, p. 141—186, tab. 8.
- BRANDT, K. (85), Die coloniebildenden Radiolarien (Sphärozoëen) des Golfes von Neapel, in: Fauna Flora Neapel, Monogr. 13, 1885.
- BRAUER, A. (94), Ueber die Encystirung von *Actinosphaerium eichhorni* EHREG., in: Z. wiss. Zool., V. 58, 1894, p. 189—221, tab. 10—11.
- BÜTSCHLI, O. (76), Studien über die ersten Entwicklungsvorgänge der Eizelle, die Zelltheilung und die Conjugation der Infusorien, in: Abh. Senckenb. naturf. Ges. Frankfurt a. M., V. 10, 1876, p. 213—464, tab. 1—15.
- (80), Protozoa, in: BRONN's Class. Ordn. Thierr., Abth. 1—3, 1880—1889.
- CALKINS, G. N. (99), Mitosis in *Noctiluca miliaris* and its bearing on the nuclear relations of the Protozoa and Metazoa, in: Journ. Morph., V. 15, No. 3, 1899, p. 711—772, tab. 40—42.

- CARNOY, J. B. (85), La cytodierèse chez les Arthropodes, in: *Cellule*, V. 1, fasc. 2, 1885, p. 191—440, tab. 1—8.
- EISMOND, J. (97), Zur Kenntniss des Zwischenkörpers, in: *Biol. Ctrbl.*, V. 17, 1897, p. 336—339.
- FAIRCHILD, D. G. (97), Ueber Kerntheilung und Befruchtung bei *Basidiobolus ranarum* EIDAM, in: *Jahrb. wiss. Bot.*, V. 30, 1897, p. 285—296, tab. 13—14.
- GRIFFITHS, A. B. (89), A method of demonstrating the presence of uric acid in the contractile vacuoles of some lower organisms, in: *Proc. Roy. Soc. Edinburgh*, V. 16, 1888—89, p. 131—135.
- GRUBER, A. (83), Ueber Kerntheilungsvorgänge bei einigen Protozoen, in: *Z. wiss. Zool.*, V. 38, 1883, p. 372—391, tab. 19.
- HENNEGUY, L. F. (96), *Leçons sur la cellule. Morphologie et reproduction.* Paris 1896.
- HERTWIG, R. (77), Ueber den Bau und die Entwicklung der *Spirochona gemmipara*, in: *Jena. Z. Naturw.*, V. 11 (N. F. V. 4), 1877, p. 149—187, tab. 10—12.
- (79), *Der Organismus der Radiolarien*, Jena 1879.
- (84), Ueber die Kerntheilung bei *Actinosphaerium eichhorni*, in: *Jena. Z. Naturw.*, V. 17 (N. F. V. 10), 1884, p. 490—518, tab. 9—10.
- (98), Ueber Kerntheilung, Richtungskörperbildung und Befruchtung von *Actinosphaerium eichhorni*, in: *Abh. bayer. Akad. Wiss. 2. Cl.*, V. 19, Abth. 3, 1898, p. 633—734, tab. 1—8.
- HAECKEL, E. (62), *Die Radiolarien (Rhizopoda radiaria), eine Monographie*, 1862.
- (79), Ueber die Phäodarien, eine neue Gruppe kieselschaliger mariner Rhizopoden, in: *SB. Jena. Ges. Med. u. Naturw.*, 1879, p. 151—157.
- (81), Entwurf eines Radiolariensystems auf Grund von Studien der Challenger-Radiolarien, in: *Jena. Z. Naturw.*, V. 15, 1881, p. 418—472.
- (87), Report on the Radiolaria collected by H. M. S. Challenger 1873—76, in: *Report sc. Res. Challenger, Zool.*, V. 18, 1887.
- (88), *Die Radiolarien (Rhizopoda radiaria), eine Monographie*, 3. und 4. Theil, Die Acantharien und Phäodarien, 1888.
- HAECKER, V. (97), Ueber weitere Uebereinstimmungen zwischen den Fortpflanzungsvorgängen der Thiere und Pflanzen, in: *Biol. Ctrbl.*, V. 17, 1897, p. 689—705 u. 721—745.
- (99), *Praxis und Theorie der Zellen- und Befruchtungslehre*, Jena 1899.
- HOFFMANN, R. W. (98), Ueber Zellplatten und Zellplattenrudimente, in: *Z. wiss. Zool.*, V. 63, 1898, p. 379—432, tab. 20—21.
- ISHIKAWA, C. (94a), Studies of reproductive elements. II. *Noctiluca miliaris* SUR.; its division and spore-formation, in: *J. Coll. Sc. Imp. Univ. Japan*, V. 6, part 4, 1894, p. 297—334, tab. 11—14.
- (94b), Ueber die Kerntheilung bei *Noctiluca miliaris*, in: *Ber. naturf. Ges. Freiburg i. B.*, V. 8, 1894, p. 54—69, tab. 3.

- ISHIKAWA, C. (99), Further observations on the nuclear division of Noctiluca, in: J. Coll. Sc. Imp. Univ. Japan, V. 12, part 4, 1899, p. 243—262, 1 Taf. (war mir nicht zugänglich).
- KARAWAIEW, W. (95), Beobachtungen über die Structur und Vermehrung von Aulacantha scolymantha HAECK., in: Zool. Anz., Jg. 18, 1895, p. 286—289 u. 293—301. (4 Figuren im Text.)
- (96), Beobachtungen über Radiolarien, in: Schriften naturf. Ges. Kiew, V. 14, Heft 2, 1896. (Russisch, mit deutscher Tafelerklärung.)
- KEUTEN, J. (95), Die Kerntheilung von Euglena viridis EHRENB., in: Z. wiss. Zool., V. 60, 1895, p. 215—235, tab. 11.
- LAUTERBORN, R. (95), Protozoenstudien. I. Kern- und Zelltheilung von Ceratium hirundinella O. F. M., in: Z. wiss. Zool., V. 59, 1895, p. 167—190, tab. 12—13.
- MEISSNER, M. (88), Beiträge zur Ernährungsphysiologie der Protozoen, in: Z. wiss. Zool., V. 46, 1888, p. 498—516, tab. 34.
- MEVES, FR. (96), Zelltheilung, in: Ergebn. Anat. Entwgesch. MERKEL-BONNET, V. 6, 1896, p. 284—390.
- (97), Ueber die Entwicklung der männlichen Geschlechtszellen von Salamandra maculosa, in: Arch. mikr. Anat., V. 48, 1897, p. 1—83, tab. 1—5.
- MITROPHANOW, P. (95), Note sur la division des noyaux de l'état végétatif chez les Sphérozoaires, in: Arch. Zool. expér., (sér. 3) V. 3, 1895, p. 623—627. (9 Figuren im Text.)
- MURRAY, J. (76), Preliminary reports . . . on work done on board the Challenger, in: Proc. Roy. Soc. London, V. 24, 1876, p. 471—544.
- PANTANELLI, D., e DE STEFANI (80), Radiolarie di Santa Barbera in Calabria, in: Atti Soc. Toscana Sc. nat., Proc. verb., V. 2, 1880, p. 59—60.
- PFITZNER, W. (82), Ueber den feinem Bau der bei der Zelltheilung auftretenden fadenförmigen Differenzirungen des Zellkerns, in: Morph. Jahrb., V. 7, 1882, p. 289—311.
- PLATE, L. (86), Untersuchungen einiger an den Kiemenblättern des Gammarus pulex lebenden Ektoparasiten, in: Z. wiss. Zool., V. 43, 1886, p. 175—241, tab. 6—7.
- RHUMBLER, L. (88), Die verschiedenen Cystenbildungen und die Entwicklungsgeschichte der holotrichen Infusoriengattung Colpoda, in: Z. wiss. Zool., V. 46, 1888, p. 549—601, tab. 36.
- (92), Eisenkiesablagerungen im verwesenden Weichkörper von Foraminiferen, die sogen. Keimkugeln MAX SCHULTZE's u. A., in: Nachr. Ges. Wiss. Göttingen v. J. 1892, No. 12, p. 419—428.
- (93), Eine Doppelfärbung zur Unterscheidung von lebenden Substanzen und von abgestorbenen oder anorganischen Substanzen nach ihrer Conservirung (im Anschluss hieran einige Mittheilungen über Rhizopoden), in: Zool. Anz., Jg. 16, 1893, p. 47 u. 57—62.
- (94), Beiträge zur Kenntniss der Rhizopoden. II. Saccammina sphaerica M. Sars, 1. Theil, in: Z. wiss. Zool., V. 57, 1894, p. 433—586, tab. 21—24.

- SCHAUDINN, F. (96a), Ueber das Centralkorn der Heliozoen, ein Beitrag zur Centrosomenfrage, in: Verh. D. zool. Ges., 1896, p. 118—180.
- (96b), Ueber die Copulation von *Actinophrys sol* EHRENG., in: SB. Akad. Wiss. Berlin, 1896, p. 88—89. (Figuren im Text.)
- (99), Untersuchungen über den Generationswechsel von *Trichosphaerium sieboldi* SOHN., in: Anhang Abh. Akad. Wiss. Berlin, 1899, p. 1—93, tab. 1—6.
- (00), Untersuchungen über den Generationswechsel bei Coccidien, in: Zool. Jahrb., V. 13, Anat., 1900, p. 197—292, tab. 13—16.
- SIEDLECKI, M. (98a), Reproduction sexuée et début de la sporulation chez la coccidie des tritons (*Coccidium proprium* SOHN.), in: CR. Soc. Biol., (sér. 10) V. 5, 1898, p. 663—665. (Figuren im Text.)
- (98b), Étude cytologique et cycle évolutif de la coccidie de la seiche, in: Ann. Inst. PASTEUR, V. 12, 1898, p. 799—836, tab. 7—9.
- (99), Étude cytologique et cycle évolutif de *Adelea ovata* SCHNEIDER, ibid. V. 13, 1899, p. 169—192, tab. 1—3.
- STRASBURGER, ED. (00), Ueber Reductionstheilung, Spindelbildung, Centrosomen und Cilienbildner im Pflanzenreich, in: Histolog. Beitr., Heft 6, 1900, tab. 1—4.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel 14—18.

Bei der Herstellung der Figuren, die sämtlich Schnitte oder Theile von Schnitten durch die Centralkapsel von *Aulacantha scolymantha* wiedergeben, gelangten ZEISS'sche Apochromate zur Verwendung; die Umriss wurden in allen Fällen mit dem ABBE'schen Zeichenapparat entworfen. Von einzelnen Schnitten gelang es mir, gute Mikrophotographien in der für die Abbildungen gewählten Vergrößerung herzustellen, die beim Zeichnen der betreffenden Figuren zu Grunde gelegt werden konnten.

Obgleich die in Heliogravüre ausgeführte Reproduction der Bilder im Allgemeinen als eine vorzügliche bezeichnet zu werden verdient, treten doch bei einigen Figuren die Einzelheiten des Originals nicht oder doch nicht mit der vollen Deutlichkeit hervor. Dies ist beispielsweise der Fall mit der Spaltung der Chromosomen in den Figg. 7, 10 (Taf. 14), 24 (Taf. 16), 29, 30 und 32 (Taf. 17).

Tafel 14.

Vergrößerung bei sämtlichen Figuren 300fach.

Fig. 1. Die Centralkapsel mit ruhendem Kern. Das Chromatin bildet ein grob spongiöses Gerüst mit radiärer Anordnung der Hauptbalken.

Fig. 2—5. Vier auf einander folgende Stadien des in Vorbereitung zur mitotischen Theilung begriffenen Kerns. Das Chromatingerüst wird immer feiner und dichter; die Balken lösen sich allmählich in dünne Fäden auf, die zunächst noch ihre radiäre Lagerung bewahren.

Fig. 6. Die Fadenmassen des Kerns haben sich zu einem Knäuel wirr durch einander geschlungen. Die Dicke des Fadens hat zugenommen.

Fig. 7. Es ist in Folge von Segmentirung des Fadens zur Entstehung einer grossen Zahl kürzerer Fadenabschnitte gekommen. Die Segmente stehen im Begriff, durch Längsspaltung in je zwei Tochterchromosomen zu zerfallen. Im Endoplasma sind die „bläschenförmigen Einschlüsse“ aufgetreten.

Fig. 8. Die Tochterchromosomen haben sich von einander getrennt und durch einander geschlungen. Der Kern hat sich zu einem linsenförmigen Körper abgeplattet. Die Kernmembran ist noch erhalten. (Zweites Knäuelstadium.)

Fig. 9. Die Fäden beginnen, sich zu entwirren und sich parallel zu einander, senkrecht zu den Seitenflächen des Kerns, anzuordnen. Die Kernmembran ist geschwunden.

Fig. 10. Die Umlagerung der Chromosomen ist vollendet; gleichzeitig sind dieselben von den beiden Seiten her mehr nach der Mitte zusammen gerückt. Die beiderseitig bis an die Membran der Centralkapsel heranreichende Aequatorialplatte besitzt eine windschiefe — daher auf dem Querschnitt S förmige — Gestalt.

Tafel 15.

Vergrößerung bei sämtlichen Figuren 300fach.

Fig. 11. Die schon auf einem viel frühern Stadium angelegte zweite Längsspaltung der Chromosomen ist vollendet. Die Aequatorialplatte beginnt, sich der Fläche nach zu spalten. Bildung der Tochterplatten.

Fig. 12. Die Tochterplatten sind weiter aus einander gerückt. Die Chromosomen haben sich dichter zusammen gelagert, so dass die Platten nicht mehr bis an die Membran der Centralkapsel heranreichen.

Fig. 13. Die Entfernung der Tochterplatten von einander hat noch weiter zugenommen. Die Chromosomen haben sich verkürzt und sind mit ihren äussern Enden in eine Ebene gerückt. Zwischen den Tochterplatten tritt eine zellplattenartige Differenzirung auf.

Fig. 14. Die Tochterplatten beginnen, sich mit ihren Rändern nach aussen zu krümmen.

Fig. 15. Die Zusammenbiegung der Ränder ist stärker geworden. Die Theilung der Centralkapsel bereitet sich durch eine Streckung derselben in der Richtung der aus einander gewichenen Tochterplatten vor.

Fig. 16. Die Krümmung der Kernplatten ist noch weiter fortgeschritten. Von der aboralen Seite der Centralkapsel her dringt in der Ebene der zellplattenartigen Bildung eine Furche in das Innere vor.

Fig. 17. Die Ränder der Tochterplatten haben sich bis auf eine kurze Entfernung einander genähert. Die Höhlung im Innern stellt nur noch eine kleine, von Endoplasma erfüllte Einbuchtung dar. Die Theilungsfurche ist weiter in die Tiefe vorgedrungen, so dass die Hälften der Centralkapsel nur noch im oralen Theil mit einander im Zusammenhang stehen.

Fig. 18. Tochterkapsel einige Zeit nach der Trennung. Der Kern hat sich vollkommen abgerundet. Die Chromatinfäden zeigen eine radiäre Anordnung.

Fig. 19. Der Kern ist in den Ruhezustand zurückgekehrt. Das Chromatin bildet ein grob spongiöses Gerüst.

Tafel 16.

Fig. 20. Theil des grob spongiösen Chromatingerüsts eines ruhenden Kerna. Die Masse zeigt ein blasiges Aussehen, die Oberfläche ist rau. Vergr. 900fach.

Fig. 21. Detail zu Fig. 6 (Knäuelstadium), besonders dichte Stelle. Vergr. 900fach.

Fig. 22. Detail zu Fig. 7, Chromosomen in Längsspaltung, Bildung der Tochterchromosomen. Vergr. 900fach.

Fig. 23. In Spaltung begriffener Chromatinfaden, von der Fläche und im Querschnitt gesehen. Stärker vergrößert. Vergr. 1800fach.

Fig. 24. Detail zu Fig. 8 (zweites Knäuelstadium). Es hat sich bereits die zweite Längsspaltung angelegt, durch welche die Tochterchromosomen in die Enkelchromosomen zerlegt werden. Vergr. 900fach.

Fig. 25. Querschnitt durch den oralen Theil einer Centralkapsel im Stadium von Fig. 8. Bläschenförmige Einschlüsse im Endoplasma einen Ring in der Nähe der Hauptöffnung bildend. Vergr. 300fach.

Fig. 26. Junges Tochterplattenstadium (etwas späterer Zustand als Fig. 11). Orale Hälfte der Centralkapsel mit bläschenförmigen Einschlüssen, die hier nicht auf einen Ring beschränkt sind, sondern sich ausserdem auch noch in einer Anzahl von Vacuolen in der Nähe der Hauptöffnung finden. Vergr. 300fach.

Fig. 27. Späteres Stadium der Tochterplatten (etwa Fig. 13 entsprechend). Die Chromosomen sind in Folge unzureichender Fixirung mit einander zu einer einheitlichen Masse verklebt. Die Einschlüsse im Endoplasma bilden einen einzigen dicken Ring in nächster Nähe der Hauptöffnung. Vergr. 300fach.

Fig. 28. Bläschenförmige Einschlüsse bei stärkerer Vergrößerung als in den vorhergehenden Figuren. Vergr. 900fach.

Tafel 17.

Vergrößerung bei sämtlichen Figuren 900fach.

Fig. 29. Die aus der ersten Längsspaltung hervorgegangenen und selbst schon wieder längs gespaltenen Tochterchromosomen sind im Begriff, sich zur Aequatorialplatte zusammen zu lagern (vgl. Fig. 9).

Fig. 30. Stadium der Aequatorialplatte (vgl. Fig. 10). Die Chromosomen sind ziemlich weitläufig angeordnet und zeigen einen deutlichen Längsspalt.

Fig. 31. Gleiches Stadium wie vorige Figur. Die Kernplatte ist in Folge der Kürze der Chromosomen besonders dünn. Die Längsspaltung der Chromosomen ist stark fortgeschritten, es ist bereits zu einer vollkommenen Trennung der Spalthälften gekommen.

Fig. 32. Gleiches Stadium wie Fig. 30 u. 31. Die Chromosomen liegen ausserordentlich dicht. Ihre Dicke ist sehr gering und eine Spaltung nur schwach erkennbar.

Tafel 18.

Vergrößerung bei sämtlichen Figuren 900fach.

Fig. 33. Beginnende Trennung der Tochterplatten (vgl. Fig. 11). Die äussere Begrenzung der Platten ist noch eine sehr unbestimmte.

Fig. 34. Etwa das gleiche Stadium wie vorige Figur. Die Chromosomen zeigen jedoch eine dichtere Lagerung, sowie eine geringere Länge und Dicke.

Fig. 35. Etwas späteres Stadium. Die weiter aus einander gerückten Tochterplatten haben stellenweise die zwischen ihnen gelegenen Partien schon vollkommen frei gegeben. Die Aussenflächen der Platten weisen bereits eine etwas bestimmtere Begrenzung auf.

Fig. 36. Die Tochterplatten haben sich noch mehr von einander entfernt (vgl. Fig. 12). Es ragen nur noch vereinzelte Chromatinfäden bis zur Mitte des Zwischenraums oder darüber hinaus vor. Die Chromosomen sind mit ihren äussern Enden alle nahezu in dieselbe Ebene gerückt.



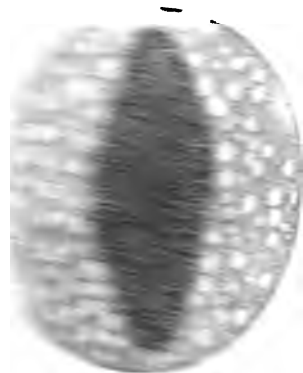




Fig. 2.



Fig. 5.

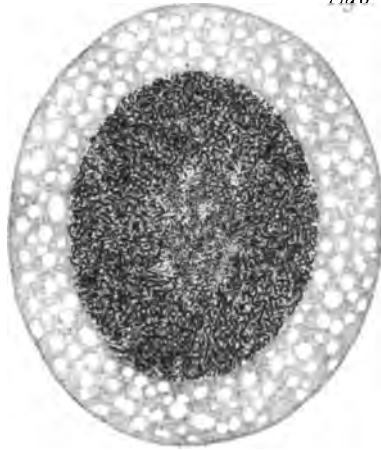


Fig. 6.

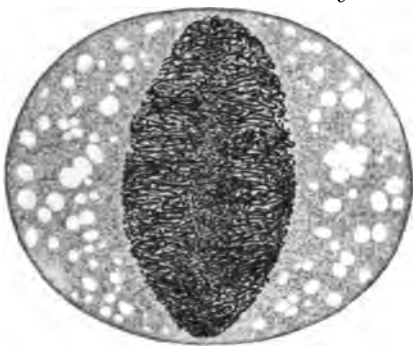


Fig. 9.

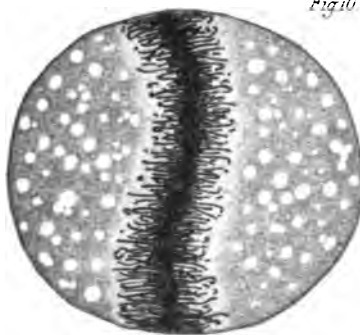


Fig. 10.

Fig 1.

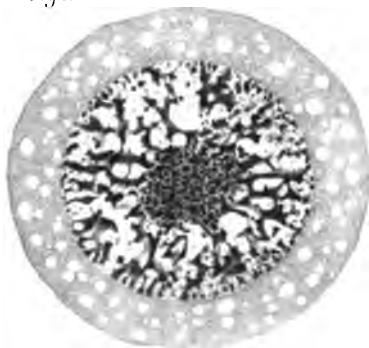


Fig 3

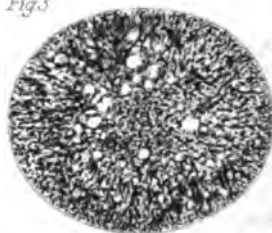


Fig 4

Fig 7

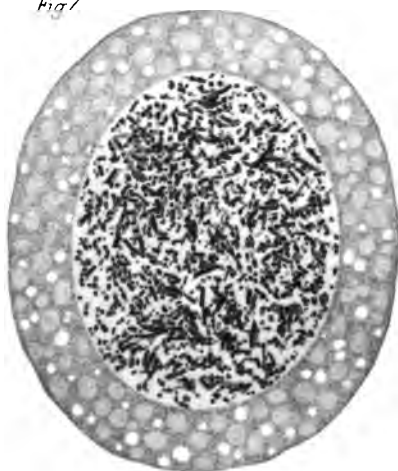


Fig 8





Fig 2



Fig 5

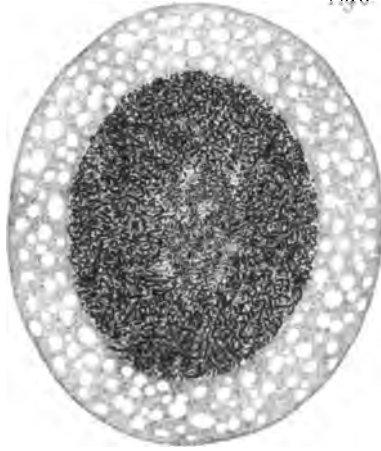


Fig 6

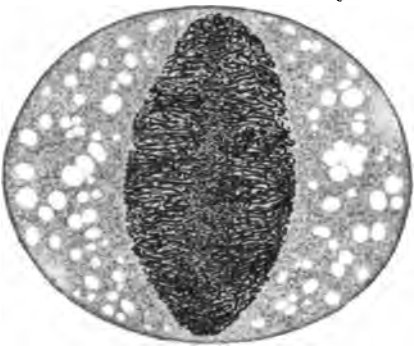


Fig 9

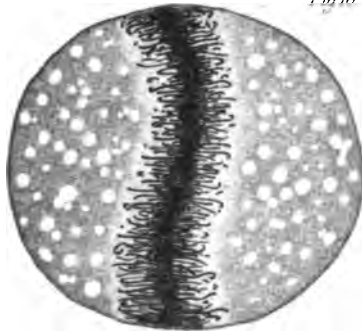


Fig 10

Fig. 11.

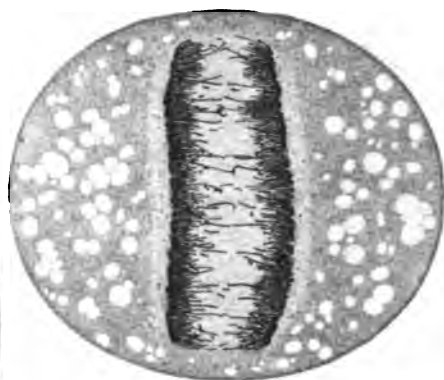
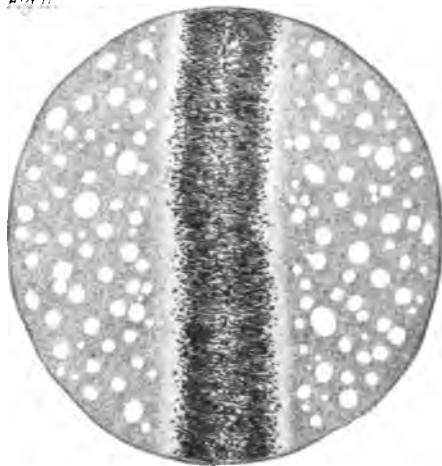


Fig. 12.

Fig. 13.

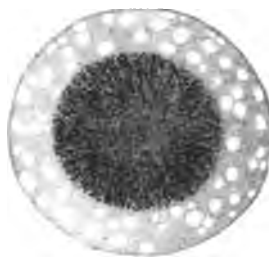


Fig. 14.

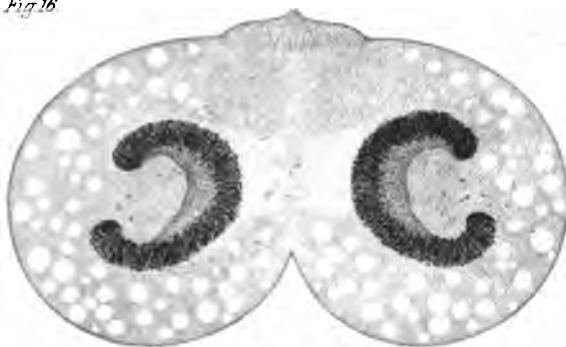


Fig. 15.



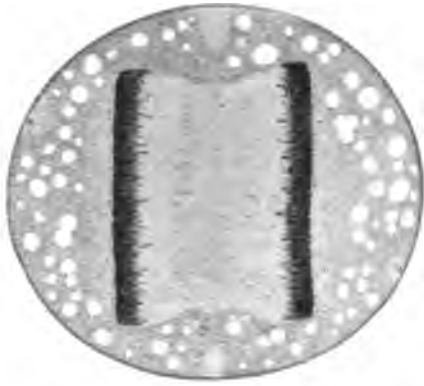


Fig. 13.



Fig. 14.

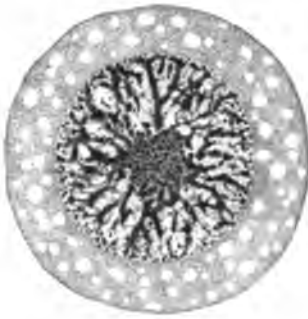


Fig. 19.

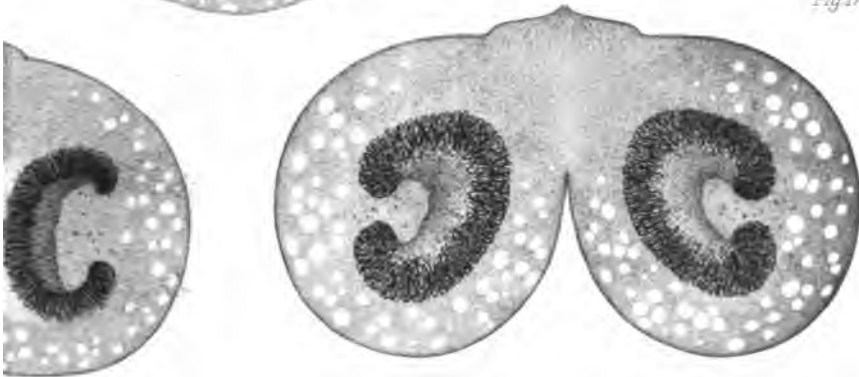


Fig. 17.



Fig. 20.



Fig. 21.



Fig. 22.



Fig. 25.

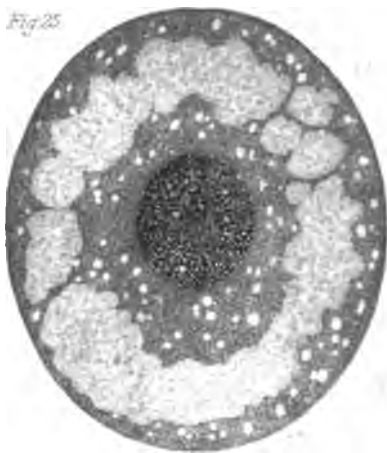




Fig. 22.



Fig. 23.



Fig. 24.

Fig. 26.

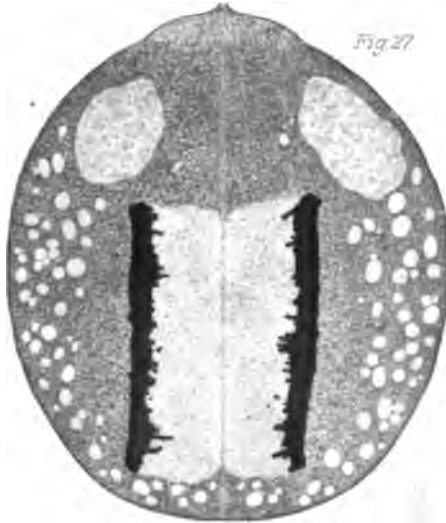
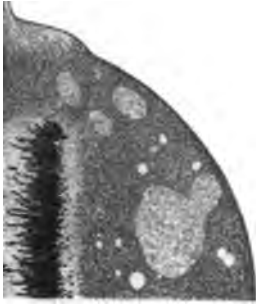


Fig. 27.



Fig. 28.

Fig 29



Barrent.

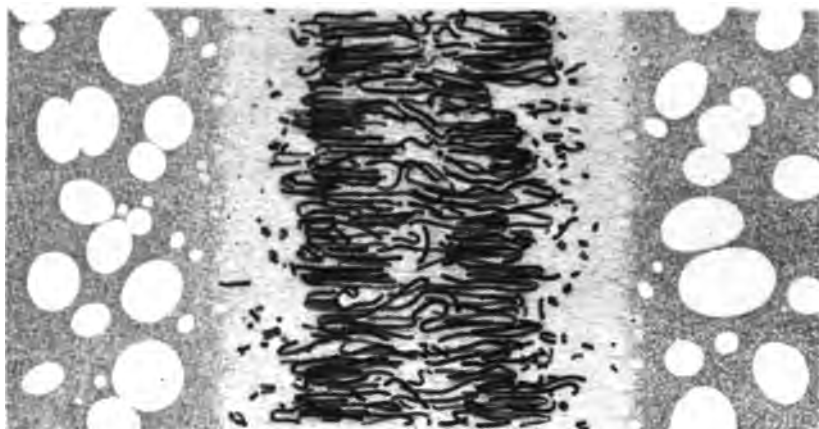


Fig. 33

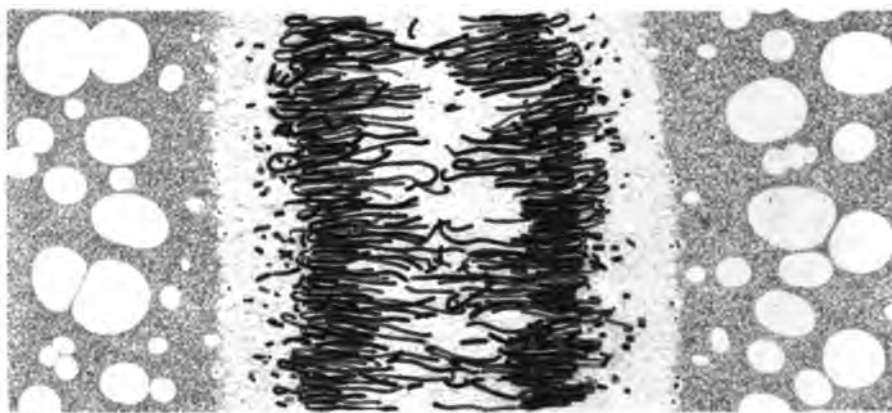


Fig. 35

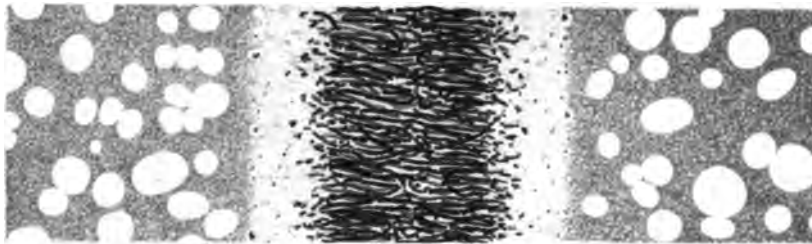


Fig. 34.



Fig. 36.

Borgert, A.

Ueberreicht vom Verfasser.

Nicht im Buchhandel.

1909.

⑥

Untersuchungen über die
Fortpflanzung der tripyleen Radiolarien,
speziell von *Aulacantha scolymantha* H.

II. Teil.

Von

A. Borgert, Bonn.

(Mit 7 Tafeln und 21 Textfiguren.)

Abdruck

aus dem

Archiv für Protistenkunde

begründet von Dr. Fritz Schaudinn.

Herausgegeben von

Dr. **M. Hartmann** und Dr. **S. von Prowazek**
Berlin. Hamburg.

Vierzehnter Band. 1909.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Ergebnisse über die Konstitution der chromatischen

Substanz des Zellkerns. Von Dr. **Theodor Boveri**, Professor an der Universität Würzburg. Mit 75 Abbildungen im Text. 1904. Preis: 2 Mark 50 Pf.

Kurze Anleitung zum wissenschaftlichen Sammeln und

zum Konservieren von Tieren. Von Professor Dr. **Friedrich Dahl**. Mit 268 Abbildungen im Text. Zweite gänzlich umgearbeitete Auflage. 1908. Preis: 3 Mark 50 Pf.

geb. 4 Mark.

Probleme der Protistenkunde. I. Die **Trypanosomen**, ihre Bedeutung für Zoologie, Medizin und

Kolonialwirtschaft. Von F. **Doflein**, a. o. Prof. der Zoologie an der Universität München. 1908. Preis: 1 Mark 20 Pf.

Zoologische Forschungsreisen in Australien und dem

Malayischen Archipel. Von Prof. Dr. **Richard Semon**. Mit Unterstützung des Herrn Dr. Paul v. Ritter ausgeführt in den Jahren 1891—93 von Prof. Dr. Richard Semon. (Denkschriften der mediz.-naturwissenschaftl. Gesellschaft zu Jena.)

Bisher erschienen:

Erster Band: **Ceratodus**. 6 Lieferungen. Mit 65 lithogr. Tafeln und 520 Abbildungen im Text. 1894, 1898, 1901, 1908. Preis: 243 Mark.

Zweiter Band: **Monotremen und Marsupialier**. 5 Lieferungen (vollständig). Mit 49 lithogr. Tafeln und 80 Abbildungen im Text. 1895, 1896, 1897. Preis: 97 Mark.

Dritter Band: **Monotremen und Marsupialier II**. 1. Teil. 4 Lieferungen. Mit 32 lithogr. Tafeln und 236 Abbildungen im Text. 1897, 1898, 1899, 1901. Preis: 111 Mark.

Dritter Band: **Monotremen und Marsupialier II**. 2. Teil. 4 Lieferungen (vollständig). Mit 66 lithogr. Tafeln und 251 Abbildungen im Text. 1904, 1905, 1907, 1908. Preis: 126 Mark.

Vierter Band: **Morphologie verschiedener Wirbeltiere**. 6 Lieferungen. Mit 35 lithogr. Tafeln und 149 Abbildungen im Text. 1897, 1899, 1901, 1905, 1907, 1908. Preis: 131 Mark.

Fünfter Band: **Systematik, Tiergeographie, Anatomie wirbelloser Tiere**. 6 Lieferungen. Mit 67 lithogr. Tafeln und 19 Abbild. im Text. 1894, 1895, 1896, 1898, 1900, 1903. Preis: 148 Mark 40 Pf.

Die Fauna Südwest-Australiens. Ergebnisse der Hamburger südwest-australischen Forschungsreise 1905.

Herausgegeben von Prof. **W. Michaelsen** und Dr. **K. Hartmeyer**.

Band I, Lieferung 1. **Reisebericht** von Prof. W. Michaelsen in Hamburg und Dr. R. Hartmeyer in Berlin. Preis: 4 Mk.

Lief. 2. **Oligochaeta** von Prof. W. Michaelsen, Hamburg. Mit 2 lithograph. Tafeln, 1 Kartenskizze und 34 Abbildungen im Text. 1907. Preis: 5 Mark.

Lief. 3—5. **Copeognatha** von Dr. Günther Enderlein, Stettin. Mit 6 Abbildungen im Text. **Ophiuroidea** par Prof. R. Koehler, Lyon. Avec 10 figures dans le texte. **Panorpata und Planipennia** von Dr. H. W. van der Weele, Leiden. Mit 1 Abbildung im Text. Preis: 1 Mark 50 Pf.

Lief. 6—7. Lief. 6. **Apidae** von J. D. Alftken, Bremen. Lief. 7. **Formicidae** von Prof. A. Forel, Chigny. Preis: 2 Mark 50 Pf.

Lief. 8—13. Preis: 6,50 Mk. Lief. 8. **Dysticidae, Hydrophilidae et Gyrinidae**, von M. Régimbart, Evreux. Lief. 9. **Braconidae und Ichneumonidae** von Gy. Szépligeti, Budapest. Mit Figur 1 und 2 auf Tafel III u. 2 Abbildungen im Text. Lief. 10. **Tenebrionidae** von Hans Gebien, Hamburg.

Mit Figur 3—8 auf Tafel III und 4 Abbildungen im Text. Lief. 11. **Alleculidae** von H. Borchmann, Hamburg. Mit Figur 9—14 auf Tafel III und 4 Abbildungen im Text. Lief. 12. **Araneae**, 1re partie, par Eugène Simon, Paris. Mit 1 Kartenskizze und 14 Abbildungen im Text. Lief. 13. **Fossoria** von W. A. Schulz, Genf. Mit 3 Abbildg. im Text.

Band II, Lieferung 1—4. **Chrysomellidae und Coccinellidae**, von J. Weise, Berlin. **Staphylinidae**, von Dr. Max Bernhauer, Grünburg.

O-Oe. Trichoptera und Ephemeridae, von Georg Ulmer, Hamburg. Mit 44 Abbildungen im Text. **Thysanura**, per F. Silvestri, Portici. Con. Tab. 1—X. 1907/08. Preis: 12 Mark.

Lief. 5—8. **Dermoptera** by Malcolm Burr, Eastry, Kent. **Rotatoria, Tardigrada und andere Moosbewohner** von Prof. F. Richters, Frankfurt a. M. **Scorpiones** von Prof. Dr. K. Kraepelin, Hamburg. **Scolopendridae** von Prof. Dr. K. Kraepelin, Hamburg. Mit 2 Tafeln und 3 Abbildungen im Text. 1908. Preis: 5 Mark.

Untersuchungen
über die
Fortpflanzung der tripyleen Radiolarien,

speziell von
Aulacantha scolymantha H.

Teil I und II

von

A. Borgert,
Bonn.

Mit 12 Tafeln und 54 Textfiguren.



JENA.
Verlag von Gustav Fischer.
1900—1909.

Teil I in: Zool. Jahrb., Abt. f. Anat. u. Ontog. Bd. XIV Heft 2 1900.

Teil II in: Arch. f. Protistenk. Bd. XIV Heft 2 1909.

Inhaltsübersicht.

Teil I.

	Seite
Einleitung	203
Technisches	206
Allgemeine Bemerkungen	210
Bauverhältnisse des Tripyleenkörpers	211
A. Zweitteilung mit mitotischer Kernvermehrung	213
a) Kern und Endoplasma	214
Ruhender Kern	214
Vorbereitende Phasen	215
Stadium der Äquatorialplatte	225
Bildung der Tochterplatten	229
Spätere Tochterplattenstadien	232
Rekonstruktion der Tochterkerne	236
Bemerkungen zur Mitose von <i>Aulacantha</i>	241
b) Die bläschenförmigen Einschlüsse des Endoplasmas	248
c) Die Öffnungen der Centralkapselmembran	252
d) Die extracapsularen Körperbestandteile	258
Literaturverzeichnis	270
Erklärung der Abbildungen	273

Inhaltsübersicht.

Teil II.

	Seite
Vorbemerkungen	134
 B. Zweitteilung mit „Kernfurchung“	136
a) Der Furchungsvorgang und die Trennung der Kernhälften	136
b) Das Endoplasma	148
c) Die Öffnungen der Centralkapselmembran	150
d) Die abschließenden Vorgänge des Teilungsprozesses und die Bedeutung der Kernfurchung	152
 C. Zweitteilung unter Bildung der „Manschettenform“ des Kernes	155
a) Entstehung der Manschettenform des Kernes	156
b) Das Endoplasma	161
c) Die Öffnungen der Centralkapselmembran	163
d) Die abschließenden Vorgänge der Teilung und die Beziehungen der Manschettenstadien zu denen der Mitose	164
 D. Zweitteilung mit direkter Kernvermehrung	167
a) Verhalten des Kernes. — Formveränderung der Centralkapsel	168
b) Das Endoplasma	172
c) Ringförmige Durchtrennung der Kapselmembran	173
d) Die Öffnungen der Centralkapselmembran	174
e) Abschließende Vorgänge des Teilungsprozesses	178
f) Mitotische und amitotische Teilungszustände	179
 E. Fortpflanzung durch Schwärmerbildung	181
Disintegration des Primärkernes. „Chromosomenbläschen.“ Teilung der Kleinkerne. Reste des Primärkernes. Binnenkörper. Centralkapsel nach Auflösung des Primärkernes. Verhalten der Kapselöffnungen. Zerfall der Centralkapsel. Schwinden des Phaeodiums. Zwei Arten von Protoplasmaaballen. Kristalloide. Macro- und Microgameten. Befunde bei anderen Radiolarienformen. Generationswechsel.	

	Seite
F. Haben wir in den Phaeodiniden und Caementelliden Jugendstadien skelettführender Trippleenarten vor uns?	204
Zustände der Teilung und der Gametenbildung auch hier zu beobachten. Die Formen dieser Familien vielleicht gar nicht einheitlicher Natur. Fremdkörperskelete bei Trippleen. Ist die Verschiedenheit der Fremdkörperskelete der Caementelliden zugleich der Ausdruck einer verschiedenen Artzugehörigkeit? Auch Unterschiede im Bau des Weichkörpers.	
G. Beobachtungen über die Fortpflanzungsverhältnisse in anderen Trippleenfamilien	213
Befunde bei Castanelliden, Aulacanthiden, Aulosphaeriden, Canno-sphaeriden, Challengeriden, Medusettiden, Circoporiden, Tuscaroriden, Conchariden. — Verhalten der Skelettbildungen. Teilung und Neubildung.	
H. Über die Erscheinungen bei wiederholter Zweitteilung und über normalerweise zweikapselige Arten	220
Gerade und ungerade Kapselzahlen. Synchrone und asynchrone Teilungsprozesse. Mehrkapselige Zustände sowohl nach mitotischen wie amitotischen Teilungen. Ursachen der Anhäufung der Teilungsprodukte. „Kolonien“ und „polycystine Zustände“. Lageverhältnis der Teilungsebenen bei aufeinanderfolgenden Prozessen der Zweitteilung. Zweikapselige (dicystine) Arten.	
J. Schlußausführungen	229
Die verschiedenen Arten der Fortpflanzung von <i>Aulacantha</i> , vegetative und reproduktive Vermehrung. — Die Chromosomenfrage, doppelte Längsspaltung der Segmente bei der Mitose, Gestalt und Menge der Chromosomen. Verdoppelung und Halbierung der Chromosomenzahl. — Die biologische Bedeutung der direkten Kernteilung und ihre Beziehungen zur Mitose. Wechsel mitotischer und amitotischer Teilungsprozesse. — Kommen bei der Gametenbildung von <i>Aulacantha</i> Reduktionsteilungen vor? — Die Erscheinungen des Kerndualismus und die Chromidienfrage. Vegetative und reproduktive Kernsubstanz. Hauptkern und kinetischer Kern. — Unsere Auffassung von dem Bau des Radiolarienkörpers. Der Kern der großen monozoen Arten nicht einfach, sondern aus sekundären Kernanlagen zusammengesetzt („polyenergider“ Kern). Die Kernverhältnisse der Sphaerozoen, von <i>Thalassophysa</i> und bei den Acanthometriden. Verschiedene Stufen der Organisation.	
Literaturverzeichnis	253
Tafelerklärung	257

Nachdruck verboten.
Übersetzungsrecht vorbehalten.

Untersuchungen über die Fortpflanzung der tripyleen Radiolarien, speziell von *Aulacantha scolymantha* H.

II. Teil.

Von

A. Borgert, Bonn.

(Hierzu Tafel XI—XVII und 21 Textfiguren.)

Vorbemerkungen.

Im Gegensatz zu den anderen großen monozoen Radiolarienformen, wie beispielsweise den Colliden, die sich als ein sehr günstiges Objekt für die Untersuchung ihrer Fortpflanzungsverhältnisse erweisen,¹⁾ stellen die Tripyleen in dieser Beziehung ein ganz besonders sprödes Material dar. Das haben alle ihre Untersucher erfahren müssen, von HAECKEL und HERTWIG an bis auf ihren neuesten Bearbeiter V. HAECKER, der wiederholt Gelegenheit nahm,

¹⁾ Schon bei einer kleinen Zahl von Thalassicollen, die ich als Vergleichsobjekt schnitt, konnte ich recht verschiedene Stadien der Fortpflanzung beobachten. Ähnlich vorteilhaft liegen offenbar die Verhältnisse bei den mit einer festen Gitterschale ausgestatteten, nach V. HAECKER's Untersuchungen (1904, 1907 b) auch zu den Colliden zu stellenden Orosphaeriden. Dies läßt der Umstand erkennen, daß die HAECKER'schen Beobachtungen über die Schwärmerbildung von *Orosцена* einer brieflichen Mitteilung des genannten Forschers zufolge schon an etwa 40 Schnittserien möglich waren, wobei das „Differenzierungsstadium“ im ganzen siebenmal, die anderen wichtigeren Zustände in je drei Fällen gefunden wurden. Daß bei Thalassicollen auch eine Weiterzucht im Laboratorium möglich ist, ist der Untersuchung höchst förderlich.

diese Tatsache zu betonen. Selbst die umfangreichen Sammlungen der großen Expeditionen, des „Challenger“, des „National“ und der „Valdivia“ vermochten für die Lösung fortpflanzungsgeschichtlicher Fragen an Tripyleen nur ein äußerst bescheidenes Material beizusteuern. So ist es denn auch nicht sonderlich zu verwundern, wenn seit dem Erscheinen des I. Teiles meiner Untersuchungen an *Aulacantha* (1900), in welchem ich von den verschiedenen Arten der Fortpflanzung, die ich bei dieser Form feststellen konnte, ausführlicher die unter mitotischer Kernvermehrung vor sich gehende Teilung behandelte, keine Arbeit erschienen ist, die unsere Kenntnisse in der vorliegenden Frage durch neue Beobachtungen wesentlich gefördert hätte.

Es kamen dagegen ein paar schon früher von mir beobachtete Entwicklungszustände inzwischen auch anderen Forschern zu Gesicht. So fand IMMERMANN (1904) unter konservierten *Aulacantha* aus dem Golf von Neapel jenes in meinen vorläufigen Mitteilungen (1896a, p. 311; 1896b, p. 195) bereits erwähnte Stadium, in welchem die Centralkapsel fehlt und man „den Hohlraum des Skelets mit zahlreichen vielkernigen Kügelchen erfüllt“ findet. Hinsichtlich der Anerkennung dieses Zustandes als Vorstadium der Schwärmerbildung, was es sicher ist, scheint IMMERMANN noch stark mit sich im Zweifel gewesen zu sein. Auf die IMMERMANN'schen Ausführungen und namentlich auf die Darstellung meiner Befunde bei ihm werde ich in dem die Schwärmerbildung behandelnden Kapitel noch zurückzukommen haben.

Von sonstigen einschlägigen Angaben ist hauptsächlich nur noch die Beobachtung des Tochterplatten-Stadiums bei *Castanidium variabile* durch V. HAECKER zu erwähnen, das in allem Wesentlichen mit dem von *Aulacantha* übereinstimmt. Der genannte Autor unterzog sich auch der Mühe, die Chromosomen einer der Platten zu zählen. Er konnte dabei für die genannte Art ähnliche Zahlenverhältnisse feststellen, wie ich sie für *Aulacantha* konstatierte, indem er die Menge der Chromosomen auf 1500—1600 angibt (vgl. 1906b, p. 62—63, 1907b, p. 76). Außerdem finden wir bei HAECKER (1907b) noch kurze Notizen über die Gestalt der Doppelchromosomen in den Prophasen der Teilung.

Gegenstand des hier vorliegenden II. Teiles meiner Arbeit sollen Untersuchungen über die übrigen bei *Aulacantha* vorkommenden Formen der Fortpflanzung bilden, also vor allem die unter amitotischer Kernhalbierung vor sich gehende Teilung und die Schwärmerbildung.

Zuvor habe ich jedoch noch über eine besondere Art der Fortpflanzung zu berichten, bei der die Kernteilung in gewisser Beziehung ein Mittelding zwischen Mitose und direkter Kernvermehrung darstellt. Da eins der augenfälligsten Merkmale des Vorganges in dem Auftreten einer Furche besteht, die in der Teilungsebene von außen her in das Kerngebilde einschneidet, so möchte ich den ganzen Prozeß kurz als „Kernfurchung“ bezeichnen.

Außerdem wurde noch eine andere Teilungsart beobachtet, bei der eine merkwürdige Umgestaltung des Kernes zur Entstehung eines zweiteiligen manschettenartigen Gebildes führt. Ich wende in diesem Falle deswegen die Bezeichnung „Manschettenform“ des Kernes an. Auch diese Stadien stehen wie die der Kernfurchung in engster Beziehung zur Mitose, insofern, als die vorbereitenden Phasen die gleichen wie bei der indirekten Kernteilung sind, und es hier ebenfalls zur Ausbildung fadenförmiger Chromosomen kommt.

Aus diesem Grunde mögen denn die mit Kernfurchung einhergehenden Teilungserscheinungen und die unter Bildung der Manschettenform des Kernes sich abspielenden Fortpflanzungsvorgänge zunächst und im Anschluß an die mitotische Teilung des *Aulacantha*-Kernes behandelt werden.

B. Zweiteilung mit Kernfurchung.¹⁾

(Hierzu Taf. XI, Fig. 8 bis 11; Taf. XII, Fig. 12 bis 23.)

a) Der Furchungsvorgang und die Trennung der Kernhälften.

Unter den Zuständen, die der Bildung der Äquatorialplatte nahe voraufgehen (vgl. Teil I, Textfig. C bis G), nämlich jenen Stadien, in denen der Kern ein bereits abgeflachtes Gebilde darstellt, das aber noch von größerer, zudem ungleichmäßiger Dicke ist und in welchem ferner die Chromosomen auch noch nicht die typische parallele Lagerung eingenommen haben, wie sie das Äquatorialplatten-Stadium auszeichnet, trifft man gelegentlich besonders ge-

¹⁾ Einige kurze Andeutungen über die hier ausführlicher geschilderte Art der Kernteilung brachte bereits meine vorläufige Mitteilung (1896a, p. 310); ebenso wies ich im Teil I meiner Arbeit (p. 213) auf das Bestehen dieses besonderen, der Mitose nahestehenden Teilungsmodus hin.

staltete, in der Flächenansicht ausgesprochen herzförmige Kerngebilde, bei denen das zugespitzte Ende der Chromatinmasse nach dem oralen Pole gerichtet ist, während sich die breitere Hälfte der aboralen Seite der Centralkapsel zugewendet findet (vgl. Textfig. A und B).

Betrachtet man den Kern dieser Stadien nach einer Drehung um 90° von der schmaleren Seite her, so bemerkt man, daß auch in dieser Ansicht der aborale Teil meist deutlich gegenüber dem oralen verbreitert ist (vgl. Textfig. C), doch ist die Dicke der centralen und der Randpartien weniger verschieden als bei den vorerwähnten, dem mitotischen Teilungsmodus angehörenden Kernzuständen, bei denen der äußere Rand dünner als die Mitte ist (vgl. Teil I, Taf. XIV Fig. 8). Infolgedessen zeigen die hier in Rede stehenden Kernstadien im Querschnitt eine mehr rechteckige Form (siehe Taf. XI Fig. 9).

Das charakteristischste Merkmal für den beginnenden Prozeß der Kernfurchung ist jedoch das Auftreten einer kleinen Einbuchtung oder Höhlung in der Mitte der aboralen Fläche des Chromatinkörpers, die sich in das Innere desselben vorwölbt, während die äußere Begrenzungslinie des Kernes am gleichen Orte nur eine schwache konkave Biegung aufweist (Textfig. A).

Die Untersuchung des feineren Baues ergibt, daß auch in den vorliegenden Fällen der Kern aus fadenförmigen Chromatinelementen besteht, die zwar größtenteils geschlängelt sind oder verschiedene Haken- und Schleifenform besitzen, die im wesentlichen aber doch eine radiäre Orientierung aufweisen, so daß sie in der Hauptsache senkrecht zur Kernoberfläche gerichtet liegen. Wie bei den der



Fig. A.

Bildung der Äquatorialplatte vorausgehenden Zuständen (vgl. Teil I, Taf. XIV Fig. 8 und 9) finden wir auch hier wiederum die centralen Partien des Kernes von kleineren Chromatinpartikelchen erfüllt. Eine Kernmembran ist auf diesem Stadium wie auch späterhin stets als feines Häutchen sichtbar. Ich verweise bezüglich dieser Einzelheiten auf Taf. XI Fig. 9, die einen Querschnitt durch die Mitte eines allerdings schon ein wenig weiter entwickelten Kernes, als ihn Fig. A zeigt, wiedergibt. Fig. 8 stellt einen Schnitt durch dieselbe Centralkapsel, aber näher dem aboralen Pole dar.

So sehen wir denn auf diesem Punkte das zur Kernfurchung hinführende Stadium von den auf den ersten Blick nicht unähnlichen Zuständen vor Bildung der Äquatorialplatte, wo die Chromosomen zunächst wirr durcheinander geschlungen sind, später aber parallel zueinander den linsenförmigen Kern quer durchziehen, schon durch die abweichende Lagerung der Chromatinfäden gut unterschieden.

Ein anderer bedeutungsvoller Unterschied zwischen den die Mitose vorbereitenden Kernzuständen und den Stadien der Kernfurchung besteht noch darin, daß sich die Chromosomen der letzteren nicht im Zustande der Längsspaltung befinden, sondern sie erweisen sich als einfache Fäden und dieser Zustand bleibt, wie ich hier schon hervorheben will, auch in allen späteren Stadien der Entwicklung erhalten. Es kommt also bei der Kernfurchung die für die mitotische Kernvermehrung bei *Aulacantha* charakteristische zweite Längsteilung der Chromosomen in Fortfall.¹⁾

Es scheint mir keinem Zweifel zu unterliegen, daß die Reihe der Kernfurchungsstadien mit dem Beginn der Abflachung des Kernes, wie sie bei der Bildung des zweiten Knäuels zu beobachten ist, ihren Ursprung nimmt und daß bis zu diesem Punkte die Vorstadien für die Mitose und für die Kernfurchung die gleichen sind. Nur ist es fraglich, ob die sonst schon sehr frühzeitig erfolgende Anlage der zweiten Spaltung der Chromosomen im letzteren Falle von Anfang an überhaupt unterbleibt, oder ob sie zwar angelegt, aber wieder rückgängig gemacht wird. Da die Stadien der Kernfurchung äußerst selten sind, so ist es nicht leicht, in diesem Punkte völlige Klarheit zu schaffen.

Bald erfahren nun die Stadien der Kernfurchung so deutliche Veränderungen in ihrem Aussehen, daß man sie nicht mehr mit den zunächst recht ähnlichen Zuständen des mitotischen Teilungsmodus verwechseln kann. Die anfangs (Textfig. A) nur minimale Einstülpung in der Mitte der aboralen Fläche des Kernes, in die das Endoplasma in Gestalt eines kleinen Knopfes oder Pfropfens hineinragt, vergrößert sich im Verlaufe der weiteren Vorgänge mehr und mehr. Auf diese Weise entsteht zunächst ein Stadium, wie es in Fig. B und C in verschiedener Orientierung zur Darstellung gebracht ist. Neben der Vergrößerung der inneren Einstülpung

¹⁾ Daß in diesem Punkte eine Täuschung leicht möglich ist, erwähnte ich schon früher (Teil I p. 217). Das Fehlen der zweiten Spaltung konnte für die Kernfurchung jedoch mit Sicherheit konstatiert werden.

sehen wir am gleichen Orte auch äußerlich eine stärkere Einbuchtung an der Wandung des Kerngebildes auftreten. Da die innere Höhlung sich in stärkerem Maße vergrößert als die Einbuchtung an den äußeren Seitenflächen, so bleibt die innere Vertiefung nach den Flächen hin jederseits durch eine dünnere Schicht



Fig. B.



Fig. C.

aus nebeneinanderliegenden Chromatinfäden abgeschlossen, die oberflächlich die beiden dicken, gekrümmten Fortsätze der aboralen Kernhälfte miteinander verbindet.

Ein etwas späteres Entwicklungsstadium führen uns die Textfiguren D und E vor Augen. Auch in diesem Falle ist die gleiche Centralkapsel in zwei verschiedenen, um 90° von einander abweichenden Lagen dargestellt. Die innere Einstülpung hat weiter an Höhe

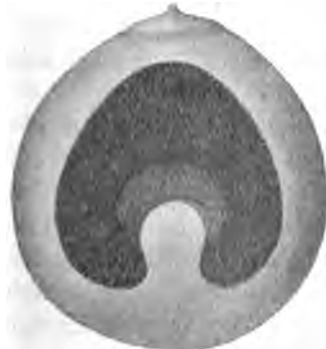


Fig. D.



Fig. E.

und gleichzeitig auch an Breite zugenommen und ebenso hat sich die Einbuchtung an den seitlichen Randpartien stärker vertieft. Die äußere Form des ganzen Kernes hat sich dabei ebenfalls etwas ver-

ändert, insofern, als die größte Dicke des Kernes, die bis dahin die aborale Hälfte auszeichnete, sich jetzt in die mittlere Region verlegt zeigt.

Zu den geschilderten Prozessen, die im weiteren Verlaufe des Vordringens der inneren Höhlung das Chromatin auf eine immer dünner werdende Hüllschicht zurückdrängen (Textfig. F, G und H) gesellen sich andere wichtige Veränderungen der Kernform hinzu.

An der oralen Seite der Wandung der Kernhöhlung beginnt eine Verdickung oder, wie die Querschnitte durch dieses Stadium richtiger erkennen lassen, eine Scheidewand aufzutreten (Textfig. F),



Fig. F.

die zur Entstehung zweier kleinerer, mit lockeren feineren Chromatinpartikelchen erfüllten Ausbuchtungen an der großen centralen Höhlung führt. Die Scheidewand liegt in einer zu den herzförmigen Seitenflächen des Kernes parallelen Fläche, erscheint also bei einer Orientierung, wie sie Fig. F zeigt, von der Kante her gesehen. Außerdem bemerkt man, wie die Ränder des Hohlraumes an der Stelle, wo der Kern seine größte Dicke hat, sich nach innen einzukrümmen an-

fangen, sowie ferner, daß die orale Partie des Kernes weiterhin an Dicke zugenommen hat. Auch die beiden dicken aborale Lappen des Kernes haben ihre Gestalt etwas verändert, sie sind im ganzen noch breiter geworden und die freie aborale Kante hat nicht mehr die starke konvexe Krümmung wie früher (Fig. C), sondern sie zeigt einen mehr geradlinigen Verlauf.

Alle Einzelheiten des feineren Baues treten deutlicher an den Querschnitten zutage, wie sie in den Figuren 12 bis 15 auf Tafel XII abgebildet sind.

Der erste Schnitt der Reihe (Fig. 12) entstammt der oralen Partie der Centralkapsel und zwar der Region, wo die beiden Ausbuchtungen an der inneren Höhlung des Kernes als getrennte Bildungen auftreten. Ringsum sieht man die Chromosomen als teils geschlängelte, teils haken- oder schleifenförmige Fäden in radiärer Anordnung gelagert. Die Mitte der Figur zeigt die Scheidewand im Schnitt. Auch sie besteht aus dicht nebeneinander angeordneten Fadenstücken, die im wesentlichen senkrecht zu den Seitenflächen orientiert sind.

Was an dem Totalpräparat nicht bemerkbar war, ist hier gut zu erkennen, nämlich die Anlage einer den Kern äußerlich in der Ebene der Scheidewand von der oralen Seite her umgreifenden Furche. Sie ist in der Figur am unteren Rande des Kernes sehr deutlich und gleichfalls an dem zweiten abgebildeten Schnitt an beiden entsprechenden Stellen nicht zu übersehen.

Der Querschnitt, den Fig. 13 darstellt, gehört ebenfalls noch der oralen Kernhälfte an, er würde bei Textfig. F eben unterhalb der Verdickung der oralen Wandung zu suchen sein. Die Mitte des Schnittes zeigt eine viereckige Stelle, die frei von Chromatin ist, während ringsum bis an die Fadenschicht der Zwischenraum durch ein lockeres Gewirr kleinerer Chromatinelemente erfüllt ist. Die Scheidewand ist in dieser Gegend nur in ihrer ersten Anlage am Rande erkennbar; dort, wo die Furche einschneidet, sieht man die Fadenstruktur mehr in das Innere vordringen.

Der in Fig. 14 abgebildete Schnitt liegt etwa gerade in der Mitte des Kernes. Es ist die Stelle, an der sich die Außenwand nach innen einkrümmt. Der viereckige Innenraum ist hier noch ringsum durch Chromatinmassen begrenzt. Der weiterhin als zweitnächster folgende Schnitt der Serie zeigt an der linken Seite, an der auch an dem vorliegenden Bilde der Kontur stark eingebuchtet ist — die Schnittrichtung war etwas schief zur Hauptachse ausgefallen — schon eine Unterbrechung der Kernwand. Die äußere Furche ist nur noch andeutungsweise durch die eingezogene Umrißlinie und die etwas weiter ins Innere vortretenden Chromatinfäden bezeichnet.

Das vierte Bild (Fig. 15) stellt einen Querschnitt durch die beiden Lappen der aboralen Kernhälfte dar. Die seitlichen Ränder der leicht gebogenen flachen Gebilde sind schwach nach innen gekrümmt. Die feinere Struktur entspricht den vorerwähnten Schnitten durch das Stadium: nach außen zu nebeneinander gelagerte längere Fäden, im Innern eine Schicht kleinerer locker liegender Chromatinpartikelchen.

Betrachten wir einen etwas späteren Entwicklungszustand (Textfig. G), so sehen wir, daß jetzt die lappenartigen Fortsätze des Kernes sich gegeneinander krümmen, so daß sie sich mit ihrem freien aboralen Rande gegenseitig zu nähern beginnen.

Bei der gleichen Centralkapsel können wir, nachdem wir sie um 90° um die Hauptachse gedreht haben (Textfig. H), am oralen Pole des Kernes eine Einschnürung erkennen entsprechend derjenigen, wie wir sie schon an den Schnitten durch das vorausgehende Stadium konstatierten, jedoch bedeutend kräftiger als dort. Sie verläuft, wie

in jenem Falle, an der Kernoberfläche nach der aboralen Seite hin und macht sich auch bereits an der aboralen Begrenzungslinie des Kernes durch eine leichte konkave Einsenkung des Konturs bemerkbar.



Fig. G.

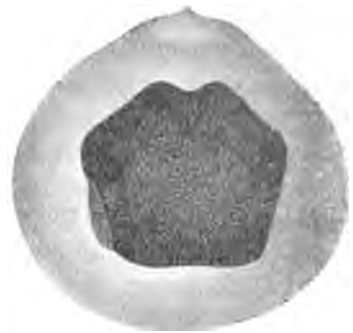


Fig. H.

Außerdem hat auch die Dicke des Kernes weiter zugenommen, wobei der größte Durchmesser sich noch mehr nach dem oralen Pole hin verlagert hat (vgl. Fig. C, E, F).

Von sonstigen Veränderungen ist als bedeutsamer Fortschritt die Vergrößerung der sich vorher nur als eine leichte Vorwölbung im optischen Schnitt (vgl. Fig. F) kennzeichnenden Scheidewandanlage hervorzuheben, die jetzt als deutliche Kante in den Innenraum vorzuragen und diesen in zwei Teile zu zerlegen beginnt. Jederseits des Vorsprunges sehen wir die schon vorhin erwähnte, jetzt aber größer gewordene, infolge der sie erfüllenden kleineren und lockerer gelagerten Chromatinteilchen heller erscheinende Kernpartie.

In den Totalbildern konnten natürlich nicht alle Einzelheiten zur Anschauung gebracht werden, ich war der Übersichtlichkeit der Figuren wegen vielmehr genötigt, mich darauf zu beschränken, außer den äußeren Formen von Verhältnissen des inneren Baues nur das anzudeuten, was an dem optischen Längsschnitt zu sehen ist. So mußte ich mir unter anderem auch versagen, den weiteren Verlauf der Scheidewandanlage, die in der Ebene der äußeren Furche bügelartig die innere Höhlung umgreift und sich beiderseitig in die Lappen der aboralen Kernhälfte hinein fortsetzt, in die Figuren einzuzichnen. Die Abbildungen von Querschnitten durch die verschiedenen Regionen des Kernes zeigen alle diese Dinge klarer, als es in Totalbildern zur Anschauung zu bringen gewesen wäre.

Ein Querschnitt durch die Centralkapsel in der Höhe der äußersten oralen Kernpartien, auf dessen Wiedergabe ich hier allerdings unter Hinweis auf die Totalfigur H verzichten möchte, weist für diesen Teil schon zwei getrennte Kernhälften auf. An einem etwas tiefer liegenden Schnitt (Fig. 16) tritt das Einschneiden der äußeren Furche sehr deutlich in die Erscheinung. Außerdem macht sich an der Scheidewand bei genauerer Betrachtung der erste Beginn einer Spaltung bemerkbar; man sieht, wie die Chromosomen in diesem Teile anfangen, sich in zwei Schichten zu sondern, indem sie nach den Seiten auseinanderweichen und die Mitte freigeben. Endlich ist auch noch die Verdickung des Kernes in der Richtung der Querachse, die an den tieferen Schnitten noch auffallender wird, gegenüber den entsprechenden Schnitten des voraufgehenden Stadiums hervorzuheben.

Ein zweiter aus der gleichen Serie abgebildeter Schnitt (Fig. 17), der etwa der Mitte der oralen Kernhälfte entstammt, zeigt insofern besondere, von der Totalfigur H in etwas abweichende Verhältnisse, als hier nicht ein einheitlicher Innenraum vorhanden ist, dieser vielmehr von zwei die gegenüberliegenden Seiten miteinander verbindenden Brücken aus Chromatinteilchen durchsetzt und dadurch dreiteilig geworden ist. Die mittlere Scheidewand ist in dieser Gegend noch nicht vollständig, sie ist aber als nach innen stark vorspringende Kante in der äußeren Schicht der fadenförmigen Chromosomen angelegt. Nicht minder markant finden wir hier, wie auch an den späteren Schnitten (Fig. 18 u. 19), die Oberflächenfurche ausgebildet.

Im einfacheren, der Textfigur H genauer entsprechenden Falle zeigt der Kern ähnlich wie bei dem voraufgehenden Entwicklungszustand einen ungeteilten, nach der aboralen Seite hin an Größe zunehmenden Innenraum, der keinerlei größere Vorsprünge an der Wandung besitzt und in seinen weiteren Partien infolgedessen eine annähernd rechteckige Gestalt aufweist. Der Innenraum ist ringsum von feiner verteilten Chromatinmassen umgeben, die hier lockerer, dort dichter gelagert, nach außen zu von radiär gestellten Fäden umschlossen sind, in ähnlicher Weise, wie diese Verhältnisse im übrigen auch an Fig. 17 zutage treten.

Wo in der Mittelregion des Kernes die beiden aboralen Lappen sich zu trennen beginnen, hat der Kern auf dem Querschnitt das Aussehen wie in Fig. 18. Einen Schnitt aus dem aboralen Teil mit schon völlig voneinander getrennten Fortsätzen gibt Fig. 19 wieder. Die Ränder der Lappen, rechts und links in den Figuren, sind stärker eingekrümmt als vorher. Der Unterschied des für die

Abbildungen benutzten Individuums von dem anderen geschnittenen Exemplar macht sich nur durch das Vorhandensein abgerundeter oder kantenartig beiderseitig der Scheidewandanlage nach innen vorspringender Verdickungen der aus kleineren Chromatinteilchen gebildeten Innenauskleidung geltend, die den oben erwähnten Chromatinbrücken im oralen Teile desselben Kernes entsprechen.

Im Verlaufe der Weiterentwicklung nähern sich nun die freien aboralen Ränder der beiden breiten Kernlappen immer mehr, um schließlich in der Mittellinie miteinander zu verschmelzen. Zur selben Zeit hat sich auch die Verdickung der Kernwandung zu einer durchgehenden Scheidewand vervollständigt, die die innere Höhlung in zwei gesonderte Räume zerlegt. Die letzteren stehen durch je eine runde Öffnung, wie sie der Zusammenschluß der Kernränder unterhalb der Einbuchtung bedingt, mit ihrer Umgebung in Kommunikation.

Da mit der Vervollständigung der inneren Scheidewand auch gleichzeitig eine Spaltung derselben in zwei Schichten sich anlegt, so haben wir auf diesem Stadium statt des ursprünglichen einfachen Mutterkernes bereits zwei junge Tochterkernanlagen vor uns, die sich zur Erreichung ihrer Selbständigkeit innerhalb der Centralkapsel nur noch durch Auseinanderrücken voneinander zu trennen brauchen.



Fig. J.



Fig. K.

Der hier geschilderte Zustand ist in den Textfiguren J und K bei verschiedener Lage der Centralkapsel zur Darstellung gebracht. Bei Fig. J sieht man von der Fläche her auf die eine der beiden großen runden Öffnungen, unter der die Ränder schon fast zur Berührung gekommen sind. Den Hintergrund der nach vorn gelegenen Höhlung, in die man durch die Öffnung hineinblickt, bildet die die

beiden Kernkammern gegeneinander abgrenzende Scheidewand. Infolge einer leichten seitlichen Drehung des Objektes ist links in der Figur der äußere Rand der nach hinten gelegenen Kernhälfte sichtbar.

Instruktiver noch als Fig. J ist Fig. K; hier bieten sich die Kernhälften von der ursprünglich schmalen Seite gesehen dar. Man erkennt den erheblichen Fortschritt gegenüber dem Stadium der Fig. H: die Ausbildung einer vollständigen Mittelwand, zwischen deren beide Schichten als scharf und tief einschneidende Trennungsmarke die Oberflächenfurche vordringt. Am oralen Pole sind die Kernhälften bereits völlig isoliert, während an der aboralen Seite noch die getrennten Lappen in etwas modifizierter Form bestehen.

Auch von diesem Entwicklungszustande gelang es mir, gute Schnitte zu erhalten. Fig. 20 Taf. XII zeigt einen Querschnitt durch die orale Kuppe des zweiteiligen Kerngebildes. Jede Hälfte besitzt ihre gesonderte, aus radiär gestellten Chromosomen gebildete Außenwand, die einen von lockerer gelagerten Chromatinteilchen erfüllten Raum umschließt. Als Reminiszenz an den ursprünglichen Zustand vor der Trennung erscheinen nur noch vereinzelt unregelmäßig gelagerte Chromatinabschnitte in der Teilungsebene zwischen den beiden Schichten der Scheidewand.

Das nächste Bild der Reihe (Fig. 21) führt uns einen Querschnitt durch den breitesten Teil der oralen Kernpartie vor Augen. Entsprechend der Totalabbildung sehen wir auch hier zwei vollständig geschlossene Hälften, ringsum mit radiär angeordneten Chromosomen, die centralen Partien durch feinere Chromatinmassen ausgefüllt. Die Trennungsebene in der Scheidewand ist zwar nicht völlig so deutlich wie in dem vorigen Schnitt, aber immerhin gut erkennbar.

Die Abbildung 22 zeigt uns den aboralen Teil mit den Kernkammern und ihren seitlichen beiden Öffnungen im Schnitt. Die freien äußeren Kernränder sind nach innen gebogen. Durch das Fehlen des Zusammenschlusses an den Seitenflächen und das tiefe Einschneiden der Außenfurcha kommt eine X-förmige Figur zustande. Die Wandung weist überall deutliche Fadenstruktur auf, die feineren Chromatinmassen fehlen als Innenauskleidung in dieser Partie. Die zwei Schichten der Mittelwand finden wir auch hier auf dem Wege zur Trennung.

Im äußersten aboralen Teile bietet der Kernquerschnitt das in Fig. 23 wiedergegebene Aussehen. Die Lappen sind noch eben

getrennt; von der Scheidewand erblickt man in dem Raum zwischen ihnen einige kurze Chromatinfäden. Die in dieser Partie im wesentlichen senkrecht zur Ebene des Messers stehenden Chromosomen der Kernhälften zeigen sich auf dem Schnittbilde als kleine dicht gelagerte Chromatinpartikelchen. Die kräftig einschneidende Oberflächenfurche läßt die beiden Chromatinmassen winkelartig gebogen oder zweiteilig erscheinen.

Den Querschnitten durch die verschiedenen Kernregionen will ich auch noch einen Längsschnitt durch eine Centralkapsel im gleichen Stadium hinzufügen. Die Schnittrichtung ist so gewählt, daß sie senkrecht zur Fläche der Scheidewand steht. Der abgebildete Schnitt Taf. XI Fig. 10 ist kein genau medianer, sondern es wurde mit Rücksicht auf die im aboralen Teil noch unvollständig ausgebildete Scheidewand ein dicht neben der Mitte gelegener Schnitt ausgewählt.

Da die allgemeinen Verhältnisse des Kernbaues durch die voraufgegangenen Darstellungen zur Genüge klargelegt sein dürften, so will ich mich in diesem Falle darauf beschränken, auf die feinere Struktur der Scheidewand und die Art ihrer Spaltung hinzuweisen. Was ich bei Besprechung der Querschnitte schon andeutete, sieht man hier noch klarer vor sich, nämlich das Voraufeilen des Trennungsvorganges in der Nähe der Kernpole, besonders an der oralen Seite, und den weniger schnellen Fortschritt des Prozesses in den Partien der Mitte.

Es wurde bereits bemerkt, daß mit der fortschreitenden Vervollständigung der Scheidewand stets auch schon ihre Spaltung zur Anlage kommt. Eine einfache ungeteilte Bildung der Art sah ich in keinem Falle, wie sich auch in den Anfangsstadien ihrer Entwicklung bereits eine Andeutung der beginnenden Teilung in der Lagerung der Chromosomen bemerkbar macht.

Nachdem die Tochterkernanlagen die zuletzt geschilderte Stufe der Ausbildung erreicht haben, trennen sie sich, sie rücken nach entgegengesetzter Richtung voneinander ab. Es scheint jedoch, als ob es sich im vorliegenden Falle nur um ein geringes Auseinanderweichen handelt, das schon nach kurzer Wanderung zum Stillstand kommt. Leider liegt mir von dieser spätesten Entwicklungsstufe nur ein einziges Exemplar vor. Ich hatte dasselbe ganz im Anfang meiner Untersuchungen schon geschnitten, ohne zu ahnen, daß das Stadium einer besonderen, von der gewöhnlichen mitotischen getrennten Entwicklungsreihe angehöre. Die betreffende Centralkapsel wurde in Längsschnitte, die senkrecht zur Teilungsebene gerichtet

waren, zerlegt, doch fiel die Schnittrichtung etwas schief aus. In Fig. 11 Taf. XI habe ich einen medianen Längsschnitt abgebildet. Die Hauptöffnung am oralen Pole ist in der Mitte getroffen, die beiden jungen Tochterkerne erscheinen infolge der schiefen Orientierung beim Schneiden etwas ungleich in der Größe.

Was zunächst hervortritt, ist die Zunahme des Umfanges der Centralkapsel. Sie ist um so augenfälliger, als die geringe Größe der Centralkapsel für diese Entwicklungsreihe bis zur Teilung des Kernes geradezu ein besonderes Charakteristikum ist. Bemerkenswert ist auch noch die geringe Verlängerung des Durchmessers in der Richtung der auseinanderweichenden Kerne.

Bezüglich der Kerne selbst ist festzustellen, daß sie in ihrer äußeren Form sich bereits abzurunden begonnen haben. Die ursprünglich ebenen Flächen, mit denen die Kerne sich berührten, haben sich schon gewölbt¹⁾ und die von außen her in die beiden Kernkammern führenden Öffnungen sich durch näheren Zusammenschluß der Ränder verkleinert. Ebenso haben auch die Höhlungen selbst an Größe abgenommen. Nicht nur sehen wir, daß sich die radiären Fäden der Außenschicht mehr in die Länge streckten, auch die kleineren Chromatinteilchen, die bei dem vorausgehenden Stadium nur den oralen Teil des Kerninnern erfüllten, haben dadurch, daß sie sich in dicker Schicht gleichmäßiger über die Innenfläche verlagerten, zu der Verringerung der Einstülpung beigetragen.

Daß während aller sich an dem Kern abspielenden Veränderungen die Membran desselben erhalten bleibt, wurde schon weiter oben bemerkt. An dieser Stelle ist nur noch zu erwähnen, daß die jungen Tochterkerne sich ringsum von einer Membran umschlossen zeigen, die mit dem tieferen Einschneiden der Oberflächenfurche auch an den Trennungsflächen der Kernhälften zur Ausbildung kommt.

Ehe ich auf die Frage nach den abschließenden Vorgängen des Teilungsprozesses und die Beziehungen der hier geschilderten Kernvermehrung zu den anderen Fortpflanzungsarten eingehe, habe ich noch einige Angaben über das Endoplasma und die Öffnungen zu machen.

¹⁾ Daß die Kerne in ihrer oralen Hälfte am weitesten auseinanderweichen, ist wohl nicht nur eine zufällige Erscheinung. Wie ich bemerkte, schreitet die Trennung der Kernhälften an der oralen Seite mit schnelleren Schritten als im aboralen Gebiete vor, sie wird sich am spätesten in den unterhalb der Mitte gelegenen Regionen vollziehen, wo auch die Kerne der Fig. 11 einander am meisten genähert sind.

b) Das Endoplasma.

Über das Verhalten des Endoplasmas bei den Stadien der Kernfurchung läßt sich in Kürze folgendes berichten. Es umhüllt ringsum den Kern und folgt allen seinen Formveränderungen, indem es vordringt, wo Einschnürungen oder Einstülpungen entstehen, andererseits zurückweicht, wo die Substanz des Kernes den Raum für sich beansprucht. So finden wir denn die zunächst einfache und kleine, späterhin größer und zweiteilig werdende Höhlung im Innern des Kernes ebensowohl von Teilen des Endoplasmas erfüllt, wie wir es in die äußere Furche eindringen oder den Raum zwischen den auseinanderdrückenden Kernen einnehmen sehen,¹⁾ nur macht sich an den vom Kern umschlossenen Partien eine weitaus schwächere Vacuolisierung bemerkbar. Die den Kern äußerlich umgebenden Teile weisen dagegen zunächst keinerlei besondere Eigentümlichkeiten auf (vgl. Taf. XI Fig. 8 u. 9). Das Endoplasma erscheint hier als einheitliche, von größeren und kleineren Vacuolen durchsetzte Masse, die nur unterhalb der Hauptöffnung und in der Umgebung der Parapylen gewisse Besonderheiten — Fehlen der Vacuolen, Auftreten lamellenartiger Bildungen resp. fibrillärer Differenzierungen — zeigt. Es sind dies die gleichen Strukturen, wie sie im allgemeinen bestehen und wie sie im I. Teil der Arbeit (p. 212) bereits besprochen wurden.

Bei dieser Gelegenheit will ich gleich noch bemerken, daß „bläschenförmige Einschlüsse“ (vgl. Teil I, p. 248 ff.) im Endoplasma bei Stadien der Kernfurchung nicht zur Beobachtung kamen.

In den ursprünglich bestehenden Verhältnissen tritt im übrigen eine Änderung ein, sobald an dem Kern die ersten Anzeichen der beginnenden Furchung sichtbar werden, also etwa auf dem Stadium, in dem sich die in Textfigur F abgebildete Centralkapsel befindet. Die Erscheinung, um die es sich hier handelt, ist an den betreffenden Schnitten (Taf. XII Fig. 12—15) gut zu beobachten. Sie zeigt sich in gleicher Deutlichkeit an den späteren Stadien, Querschnitt 16—19 und 20—23.

Während rings um den Kern sonst das Endoplasma sein gewohntes Aussehen, gute Färbbarkeit und mehr oder minder reichliche Vacuolisierung zeigt, sehen wir in der mittleren Ebene, in

¹⁾ Daß sich an meinen geschnittenen Exemplaren gelegentlich infolge von Schrumpfung das Protoplasma streckenweise von der Kernmembran abgehoben hatte, sei als bedeutungslos nur nebenbei erwähnt.

der die Oberflächenfurche an dem Kern auftritt, und späterhin seine Durchteilung sich vollzieht, eine Schicht anders gearteten Protoplasmas erscheinen. Es fehlen demselben nicht nur die Vacuolen, sondern es zeichnet sich auch außerdem noch durch geringe Tingierbarkeit vor dem übrigen Endoplasma aus. Die in Rede stehende Protoplasmaschicht tritt entweder beiderseits bis unmittelbar an die Membran der Centralkapsel heran, an der sie gelegentlich noch eine Verbreiterung erfährt, oder es schiebt sich an der Innenseite der Membran noch eine dünne Lage gewöhnlichen stärker färbbaren Endoplasmas dazwischen. Die Grenze, wo die beiden Protoplasmaarten aneinander stoßen, wird nicht durch eine scharfe Linie bezeichnet, sondern sie ist infolge des Ineinandergreifens der beiden Substanzen weniger deutlich und bestimmt.¹⁾

In den inneren von dem Kern umschlossenen Protoplasmapartien konnte ich die Differenzierung einer entsprechenden Mittelschicht nicht mit Sicherheit erkennen. Da sich hier besondere Vorgänge abspielen, insofern, als es an diesem Orte weiterhin zur Ausbildung einer Chromatinwand kommt, so scheint es wohl möglich, daß in der angedeuteten Richtung eine Verschiedenheit zwischen den äußeren und inneren Endoplasmamassen besteht.

An den medianen Längsschnitten, wie sie auf Taf. XI Fig. 10 u. 11 dargestellt sind, gewährt das Auftreten der Mittelschicht im Endoplasma einen etwas anderen Anblick als an den Querschnitten. Auch hier können wir, wenigstens im oralen Teile, deutlich eine hellere Protoplasmapartie erkennen, die jedoch von sehr ungleichmäßiger Dicke ist, indem sie unter der Astropyle stark verbreitert erscheint und sich, schmaler werdend, gegen den Kernspalt hinzieht.

Zu erwähnen ist auch noch, daß man oftmals, namentlich in späteren Stadien (Taf. XI Fig. 10 und 11, Taf. XII Fig. 22) in das Protoplasma der Kernhöhle eine Anzahl blasser als das Chromatin des Kernes gefärbter, kleinerer und etwas größerer Bröckchen eingelagert findet, die gelegentlich übrigens auch im äußeren Endoplasma auftreten können (Fig. 21).

Was nun noch die Bedeutung der endoplasmatischen Mittelschicht betrifft, so weist schon ihre Lage darauf hin, daß es sich bei derselben um eine die Teilung der Centralkapsel vorbereitende Differenzierung des Protoplasmas handelt. Ich habe jedoch ver-

¹⁾ Es sei hierzu bemerkt, daß auch bei der unter mitotischer Kernvermehrung sich vollziehenden Teilung eine Schicht schwächer färbbaren Protoplasmas in den äußeren Partien der Teilungsebene sichtbar ist (vgl. Teil I, Taf. 15 Fig. 13–16).

geblich innerhalb der helleren Schicht nach irgendwelchen als erste Anlage der späteren Trennungsmembran anzusehenden Bildungen gesucht, wie solche von mir bei vorgeschrittenen Tochterplattenstadien beobachtet wurden (vgl. Teil I, p. 234).

c) Die Öffnungen der Centralkapselmembran.

Bezüglich der Öffnungen der Centralkapselmembran bieten die Stadien der Kernfurchung gewisse Besonderheiten dar, durch die sie sowohl von den Zuständen der mitotischen wie auch der direkten Kernteilung unterschieden sind. Ich spreche in diesem Falle von den Öffnungen in ihrer Gesamtheit. Betrachten wir dagegen die Astropyle zunächst allein, so finden wir bei der Kernfurchung ganz ähnliche Verhältnisse wie bei der Zweiteilung unter Mitose. Hier wie dort bleibt die Hauptöffnung bis zu den letzten Stadien ungeteilt und erst mit dem Zerfall der Mutterkapsel in die zwei Tochterkapseln wird auch die Astropyle in der Mitte halbiert. Ich verweise hierbei auf die Längsschnitte durch ein paar spätere Stadien der Kernfurchung Fig. 10 und 11 auf Taf. XI, die die Hauptöffnung noch als vollkommen einheitliches Gebilde zeigen und auf die etwa entsprechenden Teilungsbilder bei mitotischer Kernvermehrung (Teil I, Taf. XV, Fig. 15 ff.). Abweichende Verhältnisse bestehen, wie wir sehen werden, bei der Zweiteilung unter Amitose, wo schon in frühen Stadien eine Verdoppelung der Astropyle erfolgt.

Das Verhalten der Nebenöffnungen ist im Falle der Kernfurchung anders, als wir es bei der unter Mitose sich vollziehenden Zweiteilung kennen lernten. Bei dieser letzteren Art der Fortpflanzung kommt schon zeitig und zwar etwa gerade auf dem Stadium, von wo aus wir die Kernfurchung deutlich ihren besonderen Weg einschlagen sehen, ein zweites Parapylenpaar zur Anlage, das in äquatorialer Gegend, ungefähr gleichweit vom oralen und aboralen Pole der Centralkapsel entfernt, kreuzweise zu den beiden primären Nebenöffnungen orientiert ist (vgl. Teil I, Taf. XIV, Fig. 8 und 9). So besitzt jede Tochterkapsel im Augenblick der Trennung bereits zwei Parapylen.

Im Gegensatz dazu — und auch zur amitotischen Kernteilung — unterbleibt bei der Kernfurchung die Anlage eines zweiten Parapylenpaares und selbst bei dem spätesten von mir beobachteten Stadium aus der Reihe dieser Entwicklungszustände (Fig. 11) fanden sich nur die beiden primären Nebenöffnungen vor.

Mit dem Fehlen von Neubildungen verbindet sich gleichzeitig noch eine abweichende Lage der primären Parapylen im Verhältnis zur Teilungsebene. So sehen wir die Nebenöffnungen im vorliegenden Falle nicht schief, wie bei der mitotischen Kernvermehrung, sondern direkt quer, d. h. rechtwinklig, soweit mathematische Begriffe für derartige Bestimmungen herangezogen werden können, zur Teilungsebene orientiert.

Dieses Verhalten ist aus Fig. 8 unserer Taf. XI ersichtlich, die einen Querschnitt durch die aborale Partie einer noch in einem frühen Entwicklungsstadium der Kernfurchung stehenden Centralkapsel wiedergibt. Der betreffende Schnitt enthält beide Parapylen. Diejenige der linken Seite des Bildes ist etwas verlagert. Die Teilungsebene der Centralkapsel würde senkrecht zu der Verbindungslinie der Öffnungen durch die Mitte der Zeichnung gehen. Auch bei den anderen Bildern auf Taf. XII ist die gleiche Orientierung beibehalten, so daß auch hier bei den entsprechenden Schnitten die Parapylen rechts und links ihre Lage haben würden. Von diesen mit Rücksicht auf die Kernverhältnisse besonders ausgewählten Querschnitten enthielt jedoch keiner eine Nebenöffnung.

Unter den Längsschnitten zeigt Fig. 10, Taf. XI eine der beiden Parapylen bei einem fortgeschritteneren Teilungsstadium. Die Nebenöffnungen liegen hier, wie man erkennt, vor der schräg nach der aboralen Seite gerichteten Einbuchtung der Kernanlagen.

Nach allem diesem ist nicht zu bezweifeln, daß im Falle der Kernfurchung die Ausbildung der beiden fehlenden Parapylen erst auf einem sehr späten Stadium des Teilungsprozesses, wahrscheinlich erst nach der Trennung der Tochterkapseln erfolgt. Es ist dies mit ziemlicher Sicherheit schon deswegen anzunehmen, weil nach der Lage der primären Nebenöffnungen zu urteilen, die neuen Parapylen offenbar in der Teilungsebene selbst, und zwar eigentlich beide am gleichen Punkt etwa angelegt werden müssen, denn, daß die geschilderten Lagerungsverhältnisse im letzten Augenblick eine Änderung erfahren sollten, dafür liegen keinerlei Anhaltspunkte vor.

Die Beobachtungen über das abweichende Verhalten der Parapylen sind deswegen auch noch von Interesse, weil sie einen Beleg für die Kontinuität der Entwicklungsreihe bis zu dem spätesten von mir untersuchten Stadium liefern. Sie zeigen, daß es im Anschluß an die Kernfurchung wirklich zu einer Teilung kommt, indem sie deutlicher als die anderen Besonderheiten die Zugehörigkeit des in

Fig. 11 abgebildeten Entwicklungszustandes zu diesem Fortpflanzungsmodus erweisen.

d) Die abschließenden Vorgänge des Teilungsprozesses und die Bedeutung der Kernfurchung.

Da die Stadien der Kernfurchung im allgemeinen recht selten waren — in keinem Falle wurden nämlich mehr als drei Exemplare des gleichen Zustandes gefunden, und meist mußte ich mich sogar mit einem oder zwei Individuen begnügen — so ist es als ein besonderer Glückszufall anzusehen, daß dennoch eine so vollständige Reihe von Entwicklungszuständen zur Beobachtung kam, die nirgend größere Lücken aufweist oder wenigstens keinerlei Schwierigkeiten hinsichtlich deren Überbrückung darbietet.

Selbst über die abschließenden letzten Prozesse des Entwicklungsganges können Unklarheiten nur bezüglich untergeordneterer Fragen bestehen; in dem wesentlichsten Punkte, der Frage nach dem weiteren Verhalten der Kernanlagen, dürften uns, sofern eine Unsicherheit überhaupt bestände, die bei der mitotischen Teilung sich abspielenden Vorgänge den Schlüssel liefern. Denn nicht nur in der äußeren Form, sondern auch mit Rücksicht auf den feineren Bau besteht eine auffallende Ähnlichkeit zwischen den durch Kernfurchung und den auf mitotischem Wege gebildeten jungen Tochterkernen.

Sobald bei dem ersteren Teilungsmodus die den inneren Kernraum durchsetzende Scheidewand aus Chromatinfäden mit ihrer zur Ausbildung zweier Schichten führenden Spaltung angelegt ist, haben wir hier zwei Kerngebilde vor uns, die nur durch geringe Abweichungen von den mitotisch entstandenen Kernanlagen sich unterscheiden. Abgesehen von der dichten Zusammenlagerung der Hälften zeigen die aus der Kernfurchung hervorgegangenen Teilungsprodukte im wesentlichen nur noch hinsichtlich der ausgesprochen einseitigen Lagerung der das Kerninnere erfüllenden kleineren Chromatinteilchen abweichende Verhältnisse. Aber auch in diesem Punkte bildet sich späterhin eine größere Übereinstimmung aus, wenn die Hälften des gefurchten Kernes sich voneinander getrennt und die feineren Innenmassen sich gleichmäßiger in der Höhlung verteilt haben.

Im weiteren Verlaufe werden nun auch die durch Kernfurchung entstandenen Hälften gerade so, wie es bei der Rekonstruktion der Tochterkerne nach der mitotischen Teilung der Fall ist, unter Ver-

schwinden der Einstülpung sich völlig abrunden und alsdann werden wir zwei junge Tochterkerne mit radiärer Fadenstruktur vor uns haben, die kaum von den durch Mitose entstandenen Tochterkernen zu unterscheiden sein werden und die auf dem gleichen Wege und unter denselben Erscheinungen wie diese in den ruhenden Zustand zurückkehren dürften.

Dagegen bestehen bezüglich der Durchteilung der Centralkapsel unverkennbare Unterschiede, denn, wenn wir auch bei der Kernfurchung in der Teilungsebene gewisse Differenzierungen des Endoplasmas auftreten sehen, die uns an ähnliche bei der mitotischen Kernvermehrung sich zeigende Strukturen erinnern, so vollzieht sich im letzteren Falle die Trennung der Hälften mit ihren weit auseinandergerückten Kernen und der allmählich immer tiefer zwischen beide einschneidenden Furche doch offenbar unter einem ganz anderen Bilde als im Falle der Kernfurchung. Hier finden wir die schon weit entwickelten Kerne nur durch einen schmalen Zwischenraum voneinander getrennt, der Durchmesser der Centralkapsel hat sich unter diesen Umständen auch kaum in der betreffenden Richtung vergrößert und von dem Auftreten einer Furche ist an der Centralkapsel nichts zu bemerken. Die erwähnten Unterschiede treten klar bei einem Vergleich der Fig. 16 oder 17 auf Taf. XV des ersten Teiles und Fig. 11, Taf. XI dieser Arbeit hervor, wo die Kerne sich etwa in der gleichen Entwicklungsphase befinden. In dieser Verschiedenheit bietet sich für die späteren Stadien der Kernfurchung nach Trennung der jungen Tochterkerne überhaupt eigentlich erst eine Möglichkeit zur Entscheidung der Frage ihrer Entstehungsgeschichte und ihrer Zugehörigkeit zu dem einen oder anderen Fortpflanzungsmodus.

Das eine dürfte durch die vorliegenden Beobachtungen sichergestellt sein, daß, wenn überhaupt der die peripheren Partien der Teilungsebene einnehmende Ring schwächer färbbaren Protoplasmas mit dem Auftreten einer oberflächlichen Furche im Zusammenhange steht und der Zerfall der Centralkapsel in die beiden Tochterkapseln sich nicht in der Form einer direkten Spaltung vollzieht, die Furchenbildung doch erst auf einem sehr späten Stadium, sozusagen im letzten Moment des Teilungsvorganges, erfolgt. Es wäre weiter noch zu entscheiden, in welcher Weise die beiden Prozesse der Kernvermehrung und der Durchteilung der Centralkapsel miteinander kombiniert sind, ob die letzten Umwandlungsvorgänge an den Kernen sich noch vor oder, wie bei der Mitose, erst nach der Halbierung der Centralkapsel abspielen.

Aus den vorausgegangenen Ausführungen sind wohl die nahen Beziehungen zur Genüge klar geworden, die zwischen dem Modus der Kernfurchung und der mitotischen Kernteilung bei *Aulacantha* bestehen. Es ergab sich, daß nicht nur die Vorphasen bis zu einem bestimmten Punkte die gleichen sind, sondern daß auch, wenn schon auf ganz verschiedenem Wege und unter völlig anderen Erscheinungen, doch ein Teilungsprodukt des Kernes gebildet wird, das in beiden Fällen miteinander die größte Ähnlichkeit hat.

Welche Bedeutung mag nun der Kernfurchung im Leben der *Aulacantha* zukommen?

Zunächst einmal lassen die Beobachtungen erkennen, daß es sich bei der Kernfurchung gegenüber der Mitose um einen wesentlich vereinfachten Kernteilungsmodus handelt. Es werden zwar Chromosomen ausgebildet, aber es fehlt sicher eine Spaltung. Dazu kommt, daß die mannigfaltigen Umgruppierungen und Verschiebungen der Chromosomen, wie sie zur Bildung der Äquatorialplatte sowie der Tochterplatten nötig sind, ebenso die späteren Umgestaltungen der Tochterplatten, in Wegfall geraten. Diesen Veränderungen steht bei der Kernfurchung der relativ einfache Vorgang der Bildung einer inneren Höhlung und die Anlage einer zweischichtigen Scheidewand gegenüber. Von der Entstehung eines kernspindelartigen Gebildes ist hier keine Rede und gleichzeitig bieten die mit der Teilung der Centralkapsel verknüpften Erscheinungen ein einfacheres Bild. Daß außerdem auch bei der Halbierung des Kernes die Kernmembran erhalten bleibt und die Kernsubstanzen nicht in nähere Beziehungen zum Endoplasma treten, ist als eine weitere Vereinfachung in den Teilungsvorgängen zu erwähnen. So haben wir denn in diesem Falle einen Kernteilungsmodus vor uns, der sich in mancher Hinsicht zwar eng an die Mitose anschließt, der andererseits aber auch gewisse Anklänge an die bei der direkten Kernteilung sich abspielenden Vorgänge erkennen läßt.

Wenn ich nun auch durchaus nicht glauben kann, daß allgemein die amitotische Kernteilung das Anzeichen geringerer Lebenskraft ist, so erscheint es mir doch nicht ausgeschlossen, daß die Kernfurchung sich nur bei schwächeren Individuen findet. Schon nach den ersten Veränderungen der Kernstruktur in den vorbereitenden Phasen kommt der weitere Entwicklungsgang zum Stillstand und in seiner Fortsetzung erscheinen Umgestaltungen, die zwar zu einem ähnlichen Endziel wie bei der Mitose führen, die dieses aber auf einem wesentlich abgekürzten Wege erreichen.

Für die Ansicht, daß das Auftreten der Kernfurchung nur bei weniger kräftigen Individuen zu beobachten sei, spricht auch die oben erwähnte Tatsache, daß dieser Kernteilungsmodus sich stets bei Exemplaren mit sehr kleiner Centralkapsel fand. Der geringere Kräfte- und Substanzverbrauch, wie ihn der unter Kernfurchung einhergehende Teilungsprozeß erfordert, mag aber vielleicht den Tochterindividuen für ihr späteres Leben wieder zugute kommen.

Daß es sich bei der Kernfurchung um einen regelmäßig im Entwicklungszyclus wiederkehrenden Fortpflanzungsvorgang handelt, meine ich deswegen nicht annehmen zu sollen, weil die betreffenden Stadien dafür zu selten waren.

C. Zweiteilung unter Bildung der Manschettenform des Kernes.

(Hierzu Taf. XI, Fig. 1—7.)

Zu den eigenartigsten Kernbildungen, die mir beim Studium meines *Aulacantha*-Materials begegneten, gehören die im folgenden näher beschriebenen Entwicklungszustände. Wegen der Ähnlichkeit der Form, die diese Kerngebilde in späteren Stadien ihrer Umgestaltung mit einer Handmanschette haben, möchte ich, um mich eines kurzen Ausdruckes bedienen zu können, mit Bezug auf diese Zustände von einer „Manschettenform“ des Kernes sprechen.

Es sei bei dieser Gelegenheit noch erwähnt, daß die in Rede stehenden Kernstadien gar nicht so ganz selten waren, sie fanden sich auf jeden Fall weit häufiger als die der „Kernfurchung“ angehörenden Entwicklungszustände.

Auch in diesem Falle ist die nahe Beziehung zur Mitose unverkennbar, ja, die betreffenden Zustände sind mit dem mitotischen Teilungsmodus noch näher verknüpft, als es die Stadien der Kernfurchung sind. Während nämlich bei der Kernfurchung eine Trennung der Entwicklungsreihen schon vor Erreichung des Stadiums der Äquatorialplatte erfolgt, sind bei der Bildung der Manschettenform sogar alle Entwicklungsstufen bis zur Anlage der fertigen Tochterplatten die gleichen wie bei der eigentlichen Mitose und erst auf diesem Punkte tritt eine Scheidung der beiden Reihen ein.

a) Entstehung der Manschettenform des Kernes.

Schon bei den die Bildung der Äquatorialplatte einleitenden Zuständen (Teil I, Textfig. C) und ebenso bei der vollständig entwickelten Äquatorialplatte selbst (Teil I, Textfig. J) finden wir gelegentlich an der aboralen Seite eine mehr oder minder deutliche konkave Einbuchtung des Randes der Platte. Auch nach Trennung der Tochterplatten gewahrt man hin und wieder an diesen die gleiche Erscheinung, ohne daß derselben jedoch für die weitere Entwicklung irgendeine wichtigere Bedeutung zukäme. Die Tochterplatten weichen auf größere Entfernung auseinander, krümmen sich mit ihren Rändern nach außen und runden sich endlich unter den Erscheinungen, wie sie im I. Teil dieser Arbeit ausführlicher beschrieben wurden, zu geschlossenen, annähernd kugeligen Kerngebilden ab.

Aber nicht immer nimmt die Entwicklung diesen Gang. Unter den jungen Tochterplattenstadien findet man bisweilen solche, bei denen in der Mitte der aboralen Seite eine besonders tiefe Einbuchtung vorhanden ist (vgl. Textfig. L). Dreht man die betreffende Centralkapsel um ihre Hauptachse so weit, daß man die Platten mehr von ihrer Kante her sieht und zwischen denselben hindurch blickt (vgl. Textfig. M), so erkennt man deutlicher einen



Fig. L.



Fig. M.

weiteren Unterschied, der zwischen diesem Entwicklungszustande und dem früher geschilderten Tochterplattenstadium besteht. Während bei dem normalen Verlauf der mitotischen Kernteilung die Tochterplatten sich vollkommen trennen und sich in paralleler Lage mit überall gleichem Abstände voneinander entfernen, weichen bei

den hier zu schildernden Kernzuständen die Platten nur in den äußeren Partien auseinander. In der Umgebung der aboralen Einbuchtung ist dagegen die Trennungsbewegung gehemmt; wir sehen an dieser Stelle die Tochterplatten gegeneinander gebogen und mit ihren Rändern in naher Berührung miteinander bleiben. So entsteht zunächst ein sattelähnliches Gebilde oder eine Art gebogener Rinne mit parallelen Wänden, deren gewölbter Boden die aborale Einbuchtung umgreift und deren seitliche Wandungen durch die in der Flächenansicht etwa herzförmig erscheinenden Kernplatten gebildet werden.

Zu erwähnen ist noch, daß die Tochterplatten, in der aboralen Mittellinie, wo sie zusammenstoßen, bald miteinander verschmelzen, bald durch einen feinen, mehr oder minder deutlichen Längsspalt getrennt bleiben. Am besten ist der Spalt stets an seinen äußeren Enden zu erkennen. Hier ist der Rand der Kernplatten etwas abgerundet, so daß ein kleiner Winkel oder Einschnitt entsteht, in dessen Spitze der Spalt einmündet.

Die windschiefe Krümmung der Äquatorialplatte, die man nach deren Spaltung ebenfalls an den jungen Tochterplatten noch bemerkt, tritt auch bei der Bildung der Manschettenform hervor und äußert sich in einer geringen seitlichen Verbiegung der aboralen Kernpartien, die nach entgegengesetzten Seiten verlagert erscheinen.

Betrachtet man die Kernplatten von dem oralen oder aboralen Pole der Centralkapsel aus, so erkennt man ferner, daß sie in dem mittleren Teile ihrer Fläche meist ein wenig eingezogen, d. h. bikonkav gegeneinander gewölbt sind. Die zuletzt geschilderten Verhältnisse sind an Textfig. N zu erkennen, die eine Centralkapsel zu Beginn der Bildung der Manschettenform des Kernes in der Ansicht vom aboralen Pole her zur Darstellung bringt, während Textfigur L die Tochterplatten nahezu senkrecht von der Fläche, Fig. M mehr von der Kante her gesehen zeigt.

Von den Abbildungen auf Taf. XI sind Fig. 1—3 hierher zu beziehen. Die Bilder geben Querschnitte durch verschiedene Regionen einer in dem behandelten Kernstadium befindlichen Centralkapsel wieder. Fig. 1 zeigt einen Schnitt durch



Fig. N.

die orale Partie. Wir sehen zwei völlig getrennte, aus nebeneinander liegenden Chromatinfäden bestehende Kernplatten vor uns. Die Chromosomen haben ihre äußeren Enden bereits in die gleiche Ebene eingestellt, so daß die Außenflächen der Platten einen glatten Kontur aufweisen, während an den einander zugekehrten Innenflächen infolge der verschiedenen Längen der Fäden die Begrenzung eine weit weniger bestimmte ist.

Wir haben hier also Verhältnisse vor uns, wie sie uns aus dem Verlaufe der mitotischen Kernteilung bei *Aulacantha* vom Stadium der Tochterplatten wohl bekannt sind. Auch die protoplasmatischen Teile bieten ein ganz entsprechendes Bild dar. Ich werde die Umwandlungen, die das Endoplasma in gewissen Partien der Centralkapsel während der Umgestaltungen des Kernes erfährt, weiter unten im Zusammenhange noch kurz behandeln.

So zeigt denn in dieser Phase der Entwicklung ein Querschnitt durch die oralen Regionen des Kerngebildes in keinem wesentlichen Punkte einen Unterschied von einem Schnitt durch das entsprechende Stadium der mitotischen Teilung.

Ein anderes Aussehen haben dagegen Schnitte durch die aborale Kernhälfte.

Die nächste Figur der Tafel (Fig. 2) gibt einen Querschnitt aus dem Teile der Centralkapsel wieder, wo an der höchsten Stelle der aboralen Einbuchtung die beiden Kernplatten miteinander vereinigt sind. Die Randteile der Platten oberhalb und unterhalb der Mitte der Abbildung, bei denen die Schnittebene senkrecht zur Fläche steht, lassen gleich deutlich wie die vorige Figur die Fadenstruktur der Chromosomen erkennen, während in den mittleren Partien, wo die Kernplatten in ihrem gewölbten Teile getroffen sind, die Fäden im Querschnitt erscheinen.

In Fig. 3 ist noch ein weiterer Schnitt durch die aborale Region der Centralkapsel näher dem Pole zur Darstellung gebracht. Die Einbuchtung an den Kernplatten und der Zusammenschluß ihrer Ränder in der Umgebung des Ausschnittes machen sich hier in der Weise geltend, daß wir zwei getrennte, mit ihrem geschlossenen Teile einander zugekehrte U-förmige Bögen vor uns sehen, die wiederum deutlich ihre Zusammensetzung aus fadenförmigen Chromatinelementen erkennen lassen. Auch findet man an ihnen die Entstehung aus zwei seitlichen Hälften durch einen feinen Spalt in der Medianlinie angedeutet.

Bei der Weiterentwicklung gewinnt nun die Form des Kerngebildes dadurch ein verändertes Aussehen, daß die äußeren Randpartien der

Kernplatten wie zwei Flügel auseinander schlagen, während in der Umgebung der aboralen Einbuchtung der Zusammenhang bestehen bleibt. Hatten die Seitenflächen vorher eine im wesentlichen parallele Lage, so sind sie jetzt rings um die aborale Einbuchtung im Winkel gegeneinander geneigt. Die Form des Kernes läßt sich in diesem Stadium etwa mit zwei unvollkommen geschlossenen, mit der kleineren Öffnung einander zugekehrten Trichtern vergleichen. Ein derartiger Entwicklungszustand ist in Textfig. O abgebildet worden. Besonders gut bringt ein Vergleich der Fig. O und M, bei denen die Orientierung der Centralkapsel die gleiche ist, die Änderung der Form zur Anschauung.

Im übrigen haben sich hinsichtlich der feineren Bauverhältnisse keine besonderen Veränderungen vollzogen außer solchen, wie sie auch bei der Mitose in den späteren Stadien der Tochterplatten zu beobachten sind, denn auch im vorliegenden Falle bemerken wir, wie die Ungleichmäßigkeit in der Länge der Chromatinfäden mehr und mehr verschwindet



Fig. O.

und damit die Begrenzung der Kernplatten an ihren Innenflächen eine bestimmtere, die Dicke der Schicht eine gleichmäßigere wird.

In einer späteren Phase der Entwicklung sehen wir, wie die Flügel sich noch weiter auseinander geschlagen haben. Der ungefähr rechte Winkel, den sie in dem vorerwähnten Stadium miteinander bilden mochten, hat sich in einen stumpfen umgewandelt, bei dem die Richtung der Schenkel sich mehr oder minder stark der geraden Linie nähert. So ist es denn zur Ausbildung einer an die Gestalt einer Handmanschette-erinnernden Kernform gekommen. Zustände dieser Art sind in verschiedener Orientierung der betreffenden Centralkapseln in den Textfiguren P, Q und R abgebildet. Die Ähnlichkeit mit dem vorerwähnten Vergleichsobjekt tritt besonders deutlich bei Fig. P hervor. Was die äußere Beschaffenheit der Platten sonst noch betrifft, so erscheinen ihre Flächen jetzt noch schärfer begrenzt als vorher.

Von diesem Stadium habe ich einen medianen Längsschnitt abgebildet, bei dem die Centralkapsel so orientiert war, daß die Ebene der Messerschneide senkrecht zur ursprünglichen Seitenfläche des Kerngebildes stand. Ich verweise hierbei auf Fig. 4, Taf. XI. Das

Bild zeigt eine ziemlich gleichmäßig dicke, aus eng zusammen-
gelagerten Chromatinfäden bestehende Platte, deren seitliche Flügel
in einem gestreckten Winkel gegeneinander geneigt sind. Ein
mittlerer Spalt, wie er beispielsweise an dem Kern der in Text-
fig. P dargestellten Centralkapsel zu beobachten ist, ist in diesem
Falle nicht zu erkennen.



Fig. P.



Fig. Q.

Oftmals findet man in solchen späteren Stadien die Chromosomen
weniger gut als sonst erhalten, sie erscheinen verquollen und mit-
einander zu einer einheitlichen Masse verklebt, wie ich es auch
häufig in ähnlicher Weise bei fort-
geschrittenen Zuständen des Tochter-
plattenstadiums beobachtete (vgl. Teil I,
p. 235; Taf. XVI, Fig. 27).



Fig. R.

Daß bei allen diesen wie auch in
den vorausgehenden Zuständen eine
Kernmembran fehlt, stimmt mit dem
überein, was nach dem Verhalten der
Tochterplatten bei der mitotischen
Kernteilung zu erwarten war.

Schon bei dem in Fig. 4 dar-
gestellten Längsschnitt fällt es auf,
daß die Kernplatten sich am äußeren Rande einzukrümmen beginnen.
Wir bemerken dieselbe Erscheinung auch an dem Totalbild, wie es
uns Textfig. P vor Augen führt. Dieser Vorgang deutet uns be-
reits die Richtung an, in der die weitere Umgestaltung der Kern-
hälften verläuft.

Zerlegen wir eine Centralkapsel in einem derartigen vorge-
schrittenen Stadium im Querschnitte, so erhalten wir Bilder, wie

sie die Figuren 5—7 unserer Taf. XI zeigen. Ich habe dabei, um einen direkten Vergleich mit den Figuren 1—3 der früheren Entwicklungsphase zu ermöglichen, aus der Serie des späteren Stadiums entsprechende Schnitte zur Wiedergabe ausgewählt.

Fig. 5 gibt einen etwas schief zur Längsachse gerichteten Schnitt durch die orale Partie des Kerngebildes wieder. Man erkennt auf den ersten Blick die erwähnte Art der Umgestaltung der Kernhälften. Von der linken Kernhälfte ist die gewölbte Kuppe getroffen, während rechts schon die innere Höhlung angeschnitten ist, die nach außen zu durch den eben noch vom Messer gestreiften umgewölbten Rand der Kernplatte abgeschlossen erscheint. So sehen wir denn auf diesem Punkte die Weiterentwicklung der Kernanlagen schon wesentlich gefördert.

Nicht minder klar tritt der Verlauf der Umgestaltung an Fig. 6 zutage, die wie Fig. 2 dem Teile entstammt, wo die Kernplatten miteinander zusammenhängen. In deutlichster Weise macht sich hier die stark bikonkave Krümmung der vorher in den äußeren Partien parallelen Kernplatten bemerkbar. Außerdem zeigt es sich, daß die im mittleren Teile gelegene Brücke bedeutend schmaler geworden ist. Auch in diesem Falle findet sich in dem die Hälften verbindenden Mittelstück ein feiner Spalt angedeutet. Endlich verdient noch das Auftreten kleinerer Chromatinpartikelchen an der Basis der Fäden auf der eingesenkten, ursprünglichen Außenseite der Kernplatten Erwähnung.

Wenden wir uns jetzt dem durch die aborale Kernpartie gelegten dritten Querschnitt zu, wie ihn Fig. 7 darstellt, so fällt an diesem Bilde nicht nur das starke Auseinanderweichen der Randteile der Kernplatten auf, wodurch der anfänglich hufeisen- oder U-förmige Querschnitt die Gestalt eines gestreckten V angenommen hat, sondern man sieht, wie auch in dieser Region die freien äußeren Ränder der Chromatinplatten anfangen, sich nach innen, einander entgegen zu krümmen.

b) Das Endoplasma.

Ich möchte jetzt noch mit einigen Worten auf das Verhalten des Endoplasmas eingehen. Schon weiter oben hob ich kurz hervor, daß bei der Ausbildung der Manschettenform des Kernes ganz ähnliche Protoplasmastrukturen wie bei der mitotischen Kernteilung zu beobachten seien. Der Vergleich bezog sich dort auf das jüngere

Tochterplattenstadium einerseits und einen entsprechenden Entwicklungszustand der hier geschilderten Kernteilungsart.

An Fig. 1 erkennt man, daß auch bei frühen Manschettenstadien das den Raum zwischen den Kernplatten erfüllende Protoplasma sich durch geringere Färbbarkeit und das Fehlen von Vacuolen auszeichnet. Außerdem läßt es eine zarte von einer zur anderen Kernplatte sich ausspannende Faserung erkennen. Nach außen zu sehen wir die Kernplatten dagegen von einem anders beschaffenen, mehr oder minder reich vacuolisierten Endoplasma umgeben, das sich gewöhnlich noch ein wenig vom Rande her zwischen die Platten vorwölbt.

Die gleichen Verhältnisse zeigen die Schnitte durch die aboralen Regionen des Kerngebildes (Fig. 2 u. 3): zwischen den Platten erscheint das Protoplasma blasser gefärbt, vacuolenfrei und von feinen Faserzügen durchsetzt. Im vorliegenden Falle bemerkt man außerdem auch noch in dem Gebiete der Einbuchtung, d. h. zwischen den beiden Chromatinbögen eine durch geringe Vacuolisierung ausgezeichnete Protoplasmamasse.

Die Uebereinstimmung mit der Mitose, wie sie hinsichtlich der Endoplasmastrukturen hier im allgemeinen herrscht, bleibt aber auch in den späteren Stadien noch bewahrt. So sehen wir entsprechend dem Vorgange bei den auseinander weichenden Tochterplatten im weiteren Verlaufe der Manschettenbildung die Faserung zwischen den Kernplatten allmählich undeutlicher werden. Ebenso kommt es auch bei diesem Teilungsmodus zur Anlage einer zellplattenartigen Differenzierung in der Medianebene zwischen den Kernplatten. In mehreren günstigen Fällen konnte ich diese Bildung bei dem Manschettenstadium des Kernes deutlich nachweisen. Endlich ließ sich bei den letzteren Zuständen das Auftreten eines Ringes von schwächer färbbarem dichterem Protoplasma feststellen (vgl. Fig. 5—7), wie er in gleicher Weise bei der mitotischen Teilung in vorgeschrittenen Tochterplattenstadien zur Beobachtung gelangt (vgl. Teil I, Taf. XV, Fig. 13) und wovon die erste Anlage bei genauerer Prüfung auch schon bei jüngeren Zuständen der Manschettenform gelegentlich zu entdecken ist (vgl. Fig. 1—3).

Ich habe über diese Bildung bereits früher ausführlich genug berichtet, um mir bei der bestehenden Ähnlichkeit der Verhältnisse hier ein abermaliges Eingehen auf den Gegenstand ersparen zu dürfen. Immerhin beanspruchen diese Strukturen einiges Interesse, da sie geeignet erscheinen, Licht auf die weiteren Entwicklungsvorgänge bei den in Rede stehenden Stadien zu werfen.

c) Die Öffnungen der Centralkapselmembran.

Wenn auch in mehrfacher Beziehung ein unverkennbarer Parallelismus hinsichtlich der Strukturverhältnisse bei den Stadien der beiden Entwicklungsreihen besteht, von denen die eine unter den Erscheinungen der eigentlichen mitotischen Kernteilung, die andere unter Bildung der Manschettenform des Kernes verläuft, so macht sich doch bei aller sonstigen Übereinstimmung ein deutlicher Unterschied bezüglich des Verhaltens der Kapselöffnungen — wenigstens so weit es sich um die Parapylen handelt — bemerkbar. Der Weg, den die Entwicklung in diesem Punkte nimmt, führt uns im vorliegenden Falle vielmehr die gleichen Erscheinungen vor Augen, wie sie uns bei der Kernfurchung entgegentraten.

Was das Verhalten der Astropyle betrifft, so bot sich uns bei der Kernfurchung dasselbe Bild dar, wie wir es bei der Teilung unter Mitose beobachteten und auch dort, wo es zur Ausbildung der Manschettenform des Kernes kommt, geht die Entwicklung den nämlichen Gang: Bei allen Veränderungen des Kernes sehen wir die Hauptöffnung ihr ursprüngliches Aussehen bewahren, in keinem Falle bemerkte ich bei einem der mir vorliegenden Stadien Anzeichen einer beginnenden Teilung. Es ergibt sich daraus, daß auch hier die Zerlegung der Astropyle in zwei Hälften den allerletzten Phasen des Teilungsvorganges vorbehalten bleibt.

Anders als bei der Mitose liegen in unserem Falle die Dinge jedoch für die Nebenöffnungen, und im Hinblick auf diese Bildungen herrscht, wie erwähnt, Übereinstimmung mit den Erscheinungen bei der Kernfurchung. Es unterbleibt nämlich auch bei den vorliegenden Stadien die Anlage eines zweiten Parapylenpaares. In allen Entwicklungszuständen der Manschettenform des Kernes fand ich nur die beiden primären Nebenöffnungen vor. Die Übereinstimmung mit den Vorgängen bei der Kernfurchung erstreckt sich aber auch auf das Lageverhältnis der Nebenöffnungen zur Teilungsebene. Wie bei dem letzterwähnten Fortpflanzungsmodus, so schneidet auch hier die Trennungsebene der beiden Kapselhälften rechtwinklig durch die Mitte der Verbindungslinie der Parapylen, während bei der Mitose die bereits vor der Teilung vorhandenen zwei Paare von Nebenöffnungen, die beiden primären und die neugebildeten, kreuzweise, schiefwinklig zur Teilungsebene gelagert sind. Die für die Entwicklungsreihe der Manschettenstadien charakteristischen Lageverhältnisse sind aus

Textfig. S ersichtlich, die eine Centralkapsel mit einem allerdings noch jüngeren Kernzustand, von der aboralen Seite her gesehen, zeigt.

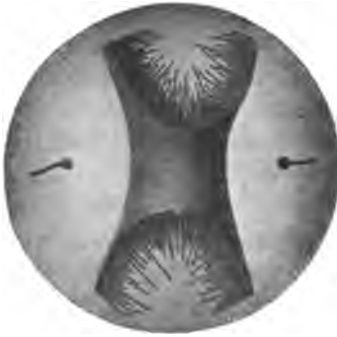


Fig. S.

Aus dem Gesagten geht hervor, daß auch hier wieder im Augenblick der Teilung der Centralkapsel jedes der beiden jungen Individuen nur eine Nebenöffnung besitzt. Erst im Anschluß an die Trennung der Kapselhälften werden auch in diesem Falle die fehlenden neuen Parapylen der Tochterkapseln im Gebiete der Trennungsebene zur Anlage kommen.

d) Die abschließenden Vorgänge der Teilung und die Beziehungen der Manschettenstadien zu denen der Mitose.

Leider habe ich spätere Zustände der Centralkapsel als die am Schluß des Abschnittes a (Seite 160 u. 161) beschriebenen, also unmittelbar der Teilung vorausgehende Stadien, nicht aufgefunden, aber die zuletzt geschilderten Erscheinungen weisen uns so deutlich den Weg, den die weitere Entwicklung nehmen wird, daß wir uns doch mit ziemlicher Sicherheit ein Bild von dem Verlauf der letzten, zur Trennung der Tochterkapseln führenden Prozesse machen können. Einen wertvollen Anhalt bieten uns in dieser Frage die an den entsprechenden Stadien der Mitose und auch bei der Kernfurchung gemachten Beobachtungen; zweifellos wird es sich im vorliegenden Falle um ganz ähnliche Vorgänge handeln, wie sie auch dort den Abschluß der Entwicklungsreihe bilden.

Von der beginnenden Einkrümmung der Randpartien der Kernplatten war schon die Rede. Diese Erscheinung macht offenbar im Verlaufe des Entwicklungsganges weitere Fortschritte und wird zu einer immer mehr zunehmenden Abrundung der Kernhälften führen, gerade so, wie es bei der Kernfurchung und während der Rekonstruktion der Tochterkerne bei der Mitose der Fall ist.

Eine andere nicht minder wichtige Voraussetzung für die Weiterentwicklung in dem gedachten Sinne wäre der Zusammenschluß der Kernränder an der aboralen Seite und das Verschwinden der zwischen denselben gelegenen Einbuchtung. Diesen Vorgang sehen wir verwirklicht bei der Kernfurchung, und auch bei den beobachteten Stadien der Manschettenform des Kernes machen sich unverkennbare

Anzeichen dafür geltend. Wie ein Vergleich der Textfig. L mit Fig. Q und R lehrt, findet in den späteren Stadien tatsächlich eine gegenseitige Annäherung der aboralen Kernpartien statt. Das gleiche Bild bietet sich uns auch bei einem Blick auf die Schnittbilder Fig. 3 u. 7, wo ebenfalls bei dem fortgeschritteneren Entwicklungszustande der die beiden Kernfortsätze von einander trennende Zwischenraum sich merklich verkleinert hat.

Auf diese Weise werden ein paar Kerngebilde entstehen, die mit ihrer nach den Außenseiten sich öffnenden Höhlung im Innern, mit den radiär um die letztere angeordneten Chromatinfäden sowie den die centralen Partien mehr und mehr ausfüllenden feineren Partikelchen den aus der Mitose oder der Kernfurchung hervorgegangenen Kernanlagen recht ähnlich sehen.

Mit der Trennung und völligen Abrundung seiner Hälften¹⁾ wäre für den Kern der Entwicklungsgang in allem wesentlichen beendet, es bliebe allein die Umwandlung der radiären Fadenstruktur bei den jungen Tochterkernen in die spongiöse, die uns jedoch von den Vorgängen bei der mitotischen Teilung her eine wohlbekannte Erscheinung ist.

Es fragt sich jetzt nur noch, in welcher Weise die schließliche Teilung der Centralkapsel erfolgen mag, ob eine allmähliche Durchschnürung mittels einer mehr und mehr in die Tiefe vordringenden

¹⁾ Daß der die Kernhälften an der aboralen Seite trennende Spalt nicht gerade immer mit dem Fortschreiten der Entwicklung deutlicher wird, sondern manchmal sogar mehr oder weniger vollständig verschwindet, kann nicht schwer ins Gewicht fallen, da die Durchtrennung des Zusammenhanges der Kernhälften in der Medianlinie für den Organismus eine Aufgabe von durchaus untergeordneter Bedeutung sein würde. Überraschen muß es jedoch, daß trotz der nicht allzu großen Seltenheit der beschriebenen Stadien doch spätere Zustände mit selbständig gewordenen und in Rekonstruktion begriffenen Tochterkernen überhaupt nicht zur Beobachtung gelangten. Man könnte aus dieser Tatsache vielleicht sogar Bedenken herleiten gegen die Annahme, daß der Entwicklungsgang wirklich zu einer Teilung führt. Dieses Bedenken würde in gleicher Weise aber auch für jede andere Art der Weiterentwicklung bestehen, und daß mit dem ältesten von mir beschriebenen Zustande eine Endphase der Kernentwicklung erreicht sein sollte, ist doch sicher nicht anzunehmen. So werden wir nach anderen Ursachen für die Erscheinung suchen müssen, und ich glaube, daß vor allen Dingen eine weitgehende Ähnlichkeit der späteren Entwicklungsstadien mit solchen anderer Fortpflanzungsarten, d. h. die Schwierigkeit, jene von diesen zu trennen, dabei in Frage kommt. Wir würden bei dem oben angedeuteten Wege der Weiterentwicklung tatsächlich junge Kerngebilde erhalten, die, wie schon erwähnt, von den durch Mitose oder Kernfurchung entstandenen nicht leicht auf den ersten Blick zu unterscheiden sein würden. So würde gerade das scheinbare Fehlen aller späteren Zustände im vorliegenden Falle viel eher für die Richtigkeit der gemachten Annahme sprechen.

Furche stattfindet, oder ob sich der Prozeß unter dem Bilde einer einfachen Spaltung der mütterlichen Centralkapsel und Zerfall derselben in die zwei Tochterkapseln vollzieht.

Es ist bei dieser Gelegenheit darauf hinzuweisen, daß die die Teilung der protoplasmatischen Bestandteile vorbereitenden Erscheinungen hier denjenigen völlig entsprechen, wie wir sie bei der Mitose beobachten, und so werden wir mit großer Wahrscheinlichkeit annehmen können, daß es sich auch im vorliegenden Falle um eine allmähliche Durchtrennung unter Auftreten einer Furche handelt. Bedenken hiergegen könnte das Verhalten der Nebenöffnungen meines Erachtens kaum erwecken, bezüglich deren, wie wir sahen, die Dinge anders als bei der Teilung unter mitotischer Kernvermehrung liegen, denn ich meine, daß es für den fraglichen Prozeß ohne jede tiefer greifende Bedeutung sein wird, ob das zweite Paar der Nebenöffnungen vor oder nach der Teilung der Centralkapsel zur Anlage kommt.

Die nahen Beziehungen der vorstehend geschilderten Teilungsvorgänge zur eigentlichen Mitose könnten zunächst wohl daran denken lassen, daß die erst von einem relativ späten Stadium an auftretenden Verschiedenheiten der beiden Entwicklungsreihen nur auf gewisse Hemmungserscheinungen zurückzuführen seien, als deren Folge die Ausbildung der Manschettenform des Kernes sich darstellt.

Wie früher gezeigt wurde, treten auch im Verlaufe der Mitose Entwicklungszustände auf, bei denen die aborale Seite des Kerngebildes eine mehr oder minder tiefe Einbuchtung zeigt. Im vorliegenden Falle bleibt letztere nur länger, d. h. auch noch während des Tochterplattenstadiums, bestehen, wozu als wesentlichster Unterschied noch hinzukommt, daß in der Umgebung des bogenförmigen Ausschnittes die Tochterplatten gegeneinander gekrümmt sind. Dadurch, daß in diesem Teile die Kernplatten an einem freien Auseinanderücken behindert sind, kommt jenes eigenartige Gebilde zustande, wie ich es als Manschettenform bezeichnet habe. Den veränderten Vorbedingungen für die Weiterentwicklung entsprechend, sehen wir die Ausbildung der jungen Kernanlagen hier dann ebenfalls unter anderen Erscheinungen verlaufen, als im Falle der eigentlichen mitotischen Teilung.

Aber der unter Bildung der Manschettenform des Kernes sich vollziehenden Art der Vermehrung, so eng sie sich auch im wesentlichen an die Mitose anlehnt, scheint doch ein höherer Grad von Selbständigkeit zuzukommen, wenn man in Betracht zieht, daß hinsichtlich der Nebenöffnungen die Entwicklung in beiden Fällen einen

verschiedenen Weg nimmt. Jedenfalls deuten die Befunde darauf hin, daß es sich bei dem hier geschilderten Entwicklungsgange keineswegs um rein zufällige Deformationen des in mitotischer Teilung begriffenen Kernes und deren Folgeerscheinungen handeln kann. Es wäre nicht recht einzusehen, wie ein solcher Vorgang Einfluß auf die Ausbildung der Nebenöffnungen gewinnen könnte, ebenso spricht aber auch das relativ häufige Vorkommen von Teilungsstadien aus dieser Entwicklungsreihe gegen eine solche Annahme.

D. Zweiteilung mit direkter Kernvermehrung.

(Hierzu Taf. XIII, Fig. 24 bis 33.)

Unter den verschiedenen Fortpflanzungsarten, die sich bei *Aulacantha* finden, bietet die Zweiteilung mit direkter Kernvermehrung die einfachsten Verhältnisse dar.

Über das Vorkommen der direkten Kernteilung bei Triplyleen liegen zurzeit außer den von mir (1896 a, 1896 b, 1900, 1906) gemachten Angaben keine weiteren Mitteilungen vor.

Zwar wußte uns schon R. HERTWIG (1879) und ebenso auch HAECKEL (1887, 1888) von Fällen zu berichten, in denen bei Triplyleen zwei getrennte Kerne innerhalb der Centralkapsel beobachtet wurden, aber bezüglich der Entstehung dieses Zustandes konnte damals nichts Näheres festgestellt werden. Auch auf Grund der gegebenen Abbildungen ist es nicht leicht, zu einem sicheren Urteil zu gelangen, um welchen Modus der Teilung es sich bei den einzelnen Figuren im speziellen handelt. Nach meinen Erfahrungen an *Aulacantha* bin ich aber geneigt, wenigstens bei einer der von R. HERTWIG (l. c. Taf. X, Fig. 2) abgebildeten zweikernigen Centralkapseln — sie entstammt einer *Aulosphaera elegantissima* H.¹⁾ — Kernvermehrung durch direkte Teilung anzunehmen.

In neuerer Zeit hat dann noch KARAWAIEW (1895) und ebenso V. HAECKER (1906 a, 1906 b, 1907 b) bei Triplyleen Individuen mit zwei sicherlich durch amitotische Teilung entstandenen Kernen in der Centralkapsel beobachtet, ohne jedoch die Entstehung bzw. die Bedeutung des zweikernigen Zustandes richtig erkannt zu haben.²⁾

¹⁾ Nach HAECKEL (1887 p. 1624) *Aulosphaera cruciata* H.

²⁾ Bezüglich der Auffassung der genannten beiden Autoren siehe weiter unten.

Gerade die in Rede stehenden Beobachtungen KARAWAIEW's sowie diejenigen V. HAECKER's sind der Beurteilung gut zugänglich, denn im ersteren Falle handelt es sich auch um *Aulacantha scolymantha*, und wo V. HAECKER von den Castanelliden und der Gattung *Aulokleptes* spricht, können wir ebenfalls der Frage nach der Entstehungsweise und Bedeutung des beobachteten zweikernigen Stadiums mit Aussicht auf Erfolg näher treten.

Was die Castanelliden betrifft, so habe ich selbst seinerzeit schon Exemplare mit zwei Kernen gesehen, welch letztere mir zweifellos aus einer amitotischen Teilung des Mutterkernes hervorgegangen zu sein schienen. Nach neuen, Untersuchungen, die Herr Dr. W. J. SCHMIDT¹⁾ hier in Bonn angestellt hat, ist dieser Fortpflanzungsmodus denn auch tatsächlich bei den genannten Formen anzutreffen und der Verlauf des Prozesses ein ganz ähnlicher wie bei *Aulacantha*. Daß aber auch bei der von V. HAECKER beobachteten Aulacanthide *Aulokleptes ramosus* IMMERM. direkte Kernteilung besteht, darauf deutet ein Vergleich der HAECKER'schen Abbildung (1907b, Fig. 2) mit ähnlichen von mir bei *Aulacantha* beobachteten Stadien hin, die einer zweifellosen direkten Kernteilung ihren Ursprung verdanken.

a) Verhalten des Kernes. — Formveränderung der Centralkapsel.

Wie wir gesehen haben, bildet im ruhenden *Aulacantha*-Kern das Chromatin ein grob spongiöses Gerüst mit einer dichteren centralen Masse von unregelmäßig rundlicher Form, in deren Umgebung die Chromatinzüge eine im wesentlichen radiäre Anordnung erkennen lassen. Diese Strukturverhältnisse, die im einzelnen näher im I. Teil der vorliegenden Arbeit (p. 214—215) geschildert wurden, erfahren auch keine Veränderung, wenn der Kern sich zur direkten Teilung anschickt.

Das erste deutlichere Anzeichen der beginnenden Teilung besteht bei dem Kern in dem Auftreten eines feinen Spaltes, der sich vom oralen nach dem aboralen Pole durch die Mitte des Kernes hindurchzieht (vgl. Textfig. T). Die Ebene des Kernspaltes, die auch gleichzeitig die spätere Teilungsebene der Centralkapsel bezeichnet, fällt weder mit der Frontalebene der Centralkapsel zusammen, noch steht sie genau senkrecht zu ihr, die beiden Ebenen schneiden sich vielmehr unter einem schiefen Winkel. In dieser Beziehung be-

¹⁾ Die betreffende Arbeit wird in SPENGLER's Zool. Jahrb. erscheinen.

stehen also ganz analoge Verhältnisse, wie wir sie bei der Teilung unter mitotischer Kernvermehrung antrafen.

Der Spalt halbiert infolge seiner Lage die centrale dichtere Chromatinansammlung des Kernes, deren Hälften sich sofort wieder mehr abrunden und, auseinanderrückend, zu den Centren der beiden Tochterkerne werden. Gleichzeitig bildet sich an den inneren, einander zugekehrten Seiten die gestörte radiäre Anordnung der Chromatinstränge von neuem aus. Während dieser Vorgänge verschwindet keinen Augenblick die den Kernraum gegen das Endoplasma abgrenzende Membran und in den frühesten Stadien des Teilungsprozesses (vgl. Taf. XIII, Fig. 25) wird der feine Spalt zwischen den Kernhälften nur durch die zunächst als ein einheitliches Häutchen erscheinenden beiderseitigen Kernwandungen gebildet. Erst späterhin tritt mit dem Auseinanderrücken der jungen Kerngebilde eine Zerklüftung der trennenden Schicht in zwei gesonderte Membranen ein.



Fig. T.

Bei dieser Art der Teilung bleibt somit, da der Vorgang unter vollkommener Halbierung aller Kernsubstanzen verläuft, für die Tochterkerne in allen wesentlichen Teilen der Zustand des Mutterkernes erhalten und nach erfolgter Trennung unterscheiden sie sich von letzterem, abgesehen von der geringeren Größe, hauptsächlich nur durch ihre mehr oder minder halbkugelige Gestalt. Diese ist aber infolge der vollendeten Abplattung der Trennungsflächen so charakteristisch, daß überall da, wo eine derartige Form der Kerne beobachtet wird — so auch bei *Aulokleptes* — auf eine vorausgegangene direkte Teilung geschlossen werden darf.

In den ersten Stadien der Spaltung des Kernes bewahrt die Centralkapsel zunächst fast unverändert ihre ursprüngliche Gestalt und auch die Kernhälften zeigen zusammen als Ganzes genommen noch etwa die äußere Form des mütterlichen Kernes.

Die weiteren Umgestaltungen bis zum Vollzug der Teilung der Centralkapsel sind, abgesehen von Veränderungen der Kernstruktur, auf die ich weiter unten noch einzugehen haben werde, im allgemeinen ziemlich einfacher Natur. Vor allen Dingen ist zu bemerken, daß die Tochterkerne sich mehr und mehr abrunden, und daß die trennende Scheidewand zwischen denselben, die anfänglich

im größten Teil ihrer Ausdehnung nur die Stärke einer kräftigen Membran aufwies, an Dicke zunimmt. Diese Erscheinungen gehen mit einer Streckung der Centralkapsel in der Richtung der Tochterkerne Hand in Hand. Textfig. U gibt einen solchen etwas fortgeschritteneren Entwicklungszustand wieder. Die Abbildung zeigt außerdem auch noch eine Teilung der Hauptöffnung und das Auftreten einer ringförmigen Unterbrechung der Kapselmembran. Da ich diese letzteren Dinge jedoch später im Zusammenhange behandeln möchte, so will ich mich hier auf den Hinweis beschränken.

Die an dieser Stelle zunächst in Frage kommenden Verhältnisse, sind auch gut aus dem Schnittbilde Fig. 26, Taf. XIII ersichtlich, an dem die Vergrößerung des senkrecht zur Teilungsebene stehenden

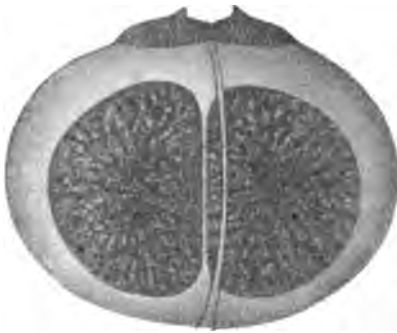


Fig. U.



Fig. V.

Querdurchmessers der Centralkapsel deutlich in die Erscheinung tritt; ebenso erkennt man die vollkommen durchgeführte Trennung der Kerne, deren Membranen sich an der Berührungsfläche durch das Dazwischentreten einer dünnen Protoplasmaschicht voneinander gesondert haben.

Textfig. V stellt einen späteren Zeitpunkt in dem Prozeß der Teilung dar. Die Streckung der Centralkapsel hat gegenüber dem in Textfig. U wiedergegebenen Zustand noch mehr zugenommen. Die Kerne erscheinen als völlig abgerundete Gebilde. Sie sind weit auseinandergerückt und zeigen bei dem abgebildeten Exemplar einen besonders großen Abstand.¹⁾ Alles deutet darauf hin, daß die betreffende Centralkapsel unmittelbar vor der Durchteilung steht.

In einigen ganz wenigen Fällen, bei *Aulacantha scolymantha* nur ein einziges Mal, beobachtete ich, daß auf dem Wege der direkten

¹⁾ Eine derartig beträchtliche Entfernung zwischen den Kernen ist mir bei keinem anderen in direkter Kernteilung begriffenen Individuum wieder begegnet.

Teilung aus einem Mutterkern drei Tochterkerne hervorgegangen waren. Es war dies ein schon fortgeschrittenes Stadium. Die Kerne waren bereits gut abgerundet. Sie erschienen nicht in einer Reihe angeordnet, sondern im Dreieck, so daß einer derselben vor dem Zwischenraum der beiden anderen lag. Die betreffende Centralkapsel mit einem Teil des Phäodiums und einer Anzahl abgebrochener Radialstacheln findet sich auf Taf. XIII, Fig. 31 im Bilde wiedergegeben. Ich habe das Exemplar außerdem auch in Querschnitte zerlegt, von denen einer aus der Mitte der Serie in Fig. 32, Taf. XIII dargestellt worden ist. Die Centralkapsel ist infolge der besonderen Lage der Kerne im Querschnitt fast dreieckig.

Es sei bei dieser Gelegenheit darauf hingewiesen, daß eine Dreiteiligkeit auch bei der Mitose des *Aulacantha*-Kernes einmal zur Beobachtung kam. In jenem Falle handelte es sich um eine dreiflügelige Äquatorialplatte (vgl. Teil I, p. 227). Während es unter Berücksichtigung der späteren Umgestaltungen bei der Mitose wohl als sicher ausgeschlossen gelten kann, daß es zur Bildung dreier Tochterkerne und Centralkapseln kommt, spricht bei der direkten Teilung alles zugunsten dieser Annahme.

Im Hinblick auf die Kernstruktur bemerkte ich weiter oben, daß durch das Auftreten des Kernspaltes die radiär-spongiöse Anordnung der Chromatinzüge nicht verändert werde, resp. daß sich die ursprüngliche Struktur bei den jungen Tochterkernen in gleicher Weise wieder herausbilde (vgl. Taf. XIII, Fig. 25). Es sind mir zweifellose Fälle begegnet, wo der gleiche Bau dann auch später noch erhalten blieb, so daß die Kerne offenbar noch im Ruhestadium in das von den selbständig gewordenen Tochterkapseln begonnene Leben eintraten. Die drei Textfiguren T bis V illustrieren diesen Entwicklungsgang. Ich habe aber den bestimmten Eindruck gewonnen, daß dieses Verhalten die Ausnahme darstellt und daß in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle gleich nach der Spaltung des Kernes die Tochterkerne in die Vorbereitung zur nächsten und zwar zu einer auf mitotischem Wege erfolgenden Teilung eintreten.

Vergleichen wir Fig. 26 mit Fig. 25, so erkennen wir bei jener eine merkliche Verfeinerung der Chromatinstränge und der centralen Massen, wie eine solche das erste charakteristische Anzeichen der beginnenden Mitose darstellt. Auch bei dem dreikernigen Exemplar (Fig. 32) sind die Chromatinmassen schon feiner verteilt, als dies im ruhenden Kern der Fall zu sein pflegt, wenn auch die Entwicklung noch nicht ganz so weit fortgeschritten ist, wie bei dem vorerwähnten Individuum (Fig. 26).

Die folgenden Vorgänge am Kerne, so weit ich sie beobachtet habe, sind völlig die gleichen, wie sie bei Besprechung der Mitose bereits früher von mir geschildert wurden, so daß ich mich mit einem Hinweis auf die betreffende Stelle im ersten Teil dieser Arbeit (p. 215) begnügen kann. Erwähnt sei hier nur noch, daß alle Umwandlungen der Struktur sich an den Kernen gleichzeitig vollziehen, so daß man sie stets beide in demselben Zustande der Entwicklung findet.

Von späteren Stadien aus der Reihe der vorbereitenden Phasen habe ich hier nur noch eine Abbildung gegeben (Fig. 29). Sie zeigt die beiden Tochterkerne durch einen etwas größeren Zwischenraum getrennt. An Stelle des spongiösen Maschenwerkes sehen wir feine Chromatinfäden ausgebildet, die ihrerseits noch deutlich eine radiäre Anordnung erkennen lassen. Weiter in der Entwicklung fortgeschrittene Kernzustände habe ich bei noch in Teilung begriffenen Centrialkapseln nicht beobachtet. Dagegen fand ich des öfteren junge, eben selbständig gewordene Kapseln, deren Kerne Fadenstruktur zeigten. Danach dürfte dieses Kernstadium den Grenzpunkt bezeichnen, bis zu welchem bei der Teilung die Hälften miteinander im Zusammenhange bleiben.

Die Beobachtung, daß schon der mütterliche Kern gelegentlich einmal in die Vorbereitung zur Mitose einträte und dann erst die Durchspaltung erfolge, habe ich, wie ich noch bemerken will, nicht gemacht, die Verfeinerung der Kernstruktur, die die mitotische Teilung einleitet, zeigte sich stets erst nach Auftreten des Spaltes.

b) Das Endoplasma.

Bei der Mitose des *Aulacantha*-Kernes sehen wir das intrakapsulare Protoplasma eine nicht unwesentliche Rolle spielen. Infolge der Auflösung der Kernmembran tritt es in nächste Beziehung zu den Bestandteilen des Kernes und es vollziehen sich an ihm Umwandlungen verschiedener Art, die seine Teilung vorbereiten. Im Gegensatz dazu nimmt im Falle der direkten Kernvermehrung das Endoplasma keinen aktiven Anteil an den Vorgängen der Teilung. Es erfährt keinerlei besondere Strukturveränderungen, bewahrt vielmehr während aller sich sonst vollziehenden Wandlungen im großen und ganzen sein ursprüngliches Aussehen. Erst im Moment der Teilung wird seine Masse durch einfache Zerschneidung in zwei gleiche Hälften zerlegt. Dieser Umstand zeigt, daß die zellplattenartige Differenzierung, wie sie in anderen Fällen bei *Aulacantha* zu

beobachten ist, für diese Form durchaus kein unentbehrliches Requisit der Teilung darstellt.

Bezüglich des Verhaltens des Endoplasmas in den die Teilung einleitenden Stadien wäre nur zu erwähnen, daß, sobald die Spaltung des Kernes beginnt, das Endoplasma zwischen die Hälften eindringt und die entstehende Lücke ausfüllt. Abgesehen von den Randpartien, wo durch die Rundung der Kernwandungen ein breiterer, sich nach innen zu verschmälernder Zwischenraum gebildet wird, ist die die Kernhälften voneinander trennende Protoplasmaschicht zunächst nur sehr dünn (vgl. Taf. XIII, Fig. 26). Infolgedessen vermissen wir in den mittleren engeren Teilen des Spaltraumes anfänglich auch jede deutlichere Vacuolisierung, die von den breiteren Randpartien aus zwischen die Kerne vordringt. Zunächst treten einzelne länglich gestreckte schmale Vacuolen auf, diese runden sich dann später vollkommener ab, wenn sich ihnen mit der Dickenzunahme der trennenden Schicht der nötige Raum dazu bietet. Daß das Auftreten „bläschenförmiger Einschlüsse“ bei diesem Fortpflanzungsmodus nicht zu beobachten ist, sei der Vollständigkeit wegen noch bemerkt.

c) Ringförmige Durchtrennung der Kapselmembran.

Der einfachen Art der Teilung des Kernes entspricht auch der vereinfachte Modus der Kapselteilung. Während bei der Kernvermehrung durch Mitose eine Furche an der Centralkapsel auftritt, die von der aboralen Seite her zwischen die in Rekonstruktion begriffenen Tochterkerne vordringt und so eine allmähliche Zerlegung der Kapsel in zwei gleiche Hälften bewirkt, vollzieht sich die Durchteilung im vorliegenden Falle in der Weise, daß die in der Teilungsebene gelegene Protoplasmaschicht, die während aller sonstigen Umwandlungen in voller Dicke erhalten bleibt, erst im Moment der Trennung der Hälften eine Spaltung erleidet.

Eine Vorbereitung erfährt der Teilungsprozeß der äußeren Partien der Centralkapsel nur durch das Auftreten einer ringförmigen, die Centralkapsel in der Ebene des Kernspaltes an der Oberfläche umgreifenden zarten Rille, die sich als eine Unterbrechung der derben Kapselmembran darstellt. Die seitlichen Ränder der Membran erscheinen an dem konservierten Material meistens etwas verdickt, sie divergieren in ihrem Verlaufe gewöhnlich ein wenig in der Nähe des aboralen Poles, während sie im übrigen eine parallele Richtung innehalten. Am oralen Pole der Centralkapsel ist der Ring auf eine kurze Strecke durch die Hauptöffnung unterbrochen. Er tritt beider-

seitig in der Mittellinie, wo späterhin die Trennung der Hälften erfolgt, an die Astropyle heran. Man sieht diese Dinge deutlich an den Textfiguren U und V. Außerdem verweise ich auch noch auf die Schnittbilder auf Taf. XIII, an denen die Unterbrechung der Membran, und hier und da auch die leichte Verdickung der Randstellen gut erkennbar ist. Eine Durchschneidung der Kapselmembran in der Teilungsebene kommt auch dort zur Ausbildung, wo der Teilungsprozeß zur Entstehung dreier Tochterkerne führt. In diesem Falle findet man statt der einfachen ringartigen Rille in der Membran drei bogenförmige Unterbrechungsstellen entwickelt, die von dem oralen nach dem aboralen Pole der Centralkapsel verlaufend, den zwischen den Kernen gelegenen drei Trennungsebenen angehören (vgl. hierzu den Querschnitt Fig. 32 auf Taf. XIII).

Zu erwähnen habe ich noch, daß das Endoplasma im Grunde der Rille nicht nackt an die Oberfläche tritt, sondern, daß es von einem zarten Häutchen bedeckt wird. Offenbar ist es die feine innere Lamelle der zweischichtigen Kapselmembran, also die sog. Endocapsa die hier zutage liegt, während sich die Unterbrechung nur auf die derbe äußere Schicht, die Ectocapsa, beschränkt.

Was schließlich noch den Zeitpunkt betrifft, auf dem der ringförmige Einschnitt in der Kapselmembran zur Anlage kommt, so geht schon aus dem in Fig. 25 wiedergegebenen Schnittbilde hervor, daß die Unterbrechung schon in einer recht frühen Phase des Teilungsprozesses, d. h. in einem Entwicklungsstadium, das die beiden Tochterkerne erst durch eine feine Scheidewand getrennt zeigt, sich ausgebildet findet. An Totalpräparaten konnte ich die feine Rille, die ohnehin bisweilen nur ziemlich schwer zu sehen ist, nicht überall in den ersten Stadien der Teilung entdecken (vgl. Textfig. T). Ich möchte nach meinen Beobachtungen annehmen, daß sie den allerfrühesten Teilungszuständen noch fehlt und daß sie dann gleichzeitig mit dem Beginn der Teilung der Hauptöffnung angelegt wird.

d) Die Öffnungen der Centralkapselmembran.

Von den Öffnungen der Centralkapselmembran zeigt die Astropyle ein Verhalten, das für den in Rede stehenden Fortpflanzungsmodus ganz charakteristisch ist, und das deutlich abweicht von den Erscheinungen, wie sie an der Hauptöffnung im Verlaufe der unter mitotischer Kernvermehrung vor sich gehenden Zweiteilung zu beobachten sind.

Während im letzteren Falle die Astropyle lange Zeit ungeteilt bleibt und sie erst in den Schlußstadien der Rekonstruktion der Tochterkerne eine Zerlegung in zwei Hälften erfährt, sehen wir bei der direkten Kernhalbierung sehr früh schon eine Teilung der Hauptöffnung in zwei sekundäre Astropylen für die Tochterkapseln sich vollziehen. Nur in den allerersten Phasen des Fortpflanzungsprozesses finden wir den einfachen runden Öffnungsdeckel von leicht gewölbter Form, wie ihn *Aulacantha* für gewöhnlich besitzt, mit der Öffnung in der Mitte und den radiär um das Centrum angeordneten Lamellen im Innern. Ein derartiger früher Entwicklungszustand, bei dem die Astropyle noch keinerlei Anzeichen der bevorstehenden Teilung erkennen läßt, ist in Textfig. T zur Darstellung gebracht. Die Centralkapsel besitzt noch die gewohnte annähernd kugelige Gestalt. Der Kern ist zwar bereits durchgeteilt, doch ist die Zwischenwand, welche die Hälften voneinander trennt, noch außerordentlich dünn.

In den unmittelbar anschließenden Stadien, bei denen die Tochterkerne sich schon etwas mehr abgerundet haben und gleichzeitig damit eine stärkere Streckung der Querachse der Centralkapsel stattgefunden hat, ist das Bild, das die Astropyle bietet, schon verändert (vgl. Textfig. U). Die ursprünglich einfache Hauptöffnung ist zweiteilig geworden und jede Hälfte trägt auf der Höhe eine besondere Mündung. Die in die äußere Membran einschneidende Rille tritt an den Öffnungsdeckel in der Mittellinie heran, wo die beiden Hälften noch zusammenhängen und infolge der Rundung die den Rand des Deckels bezeichnende Linie nach innen eingezogen ist.

Ein Querschnitt durch eine in Teilung begriffene Astropyle zeigt in diesem Stadium das Aussehen, wie es Fig. 28 auf Taf. XIII wiedergibt. Der Außenkontur des Öffnungsdeckels weist eine deutliche Einbuchtung in der Medianlinie auf. Im Innern deuten die beiden helleren Centren die Lage der Mündungen an. Um diese herum sehen wir zwei gesonderte radiäre Lamellensysteme ausgebildet, die an den einander zugekehrten Seiten ineinandergreifen, aber doch bereits gut die Ebene, in der späterhin die Trennung erfolgt, erkennen lassen.

Wo der mütterliche Kern durch direkte Teilung in drei Tochterkerne zerfällt, kommt es auch zur Ausbildung von drei Astropylen. Die Art und Weise, wie sich an der primären Hauptöffnung die Dreiteilung vollzieht, bringt Fig. 33 auf Taf. XIII zur Anschauung. Die Abbildung gibt einen etwas schief zur Hauptachse gerichteten Querschnitt durch die in Teilung begriffene Astropyle der betreffenden Centralkapsel wieder. Man erkennt unschwer die drei noch inein-

andergreifenden radiären Lamellensysteme mit ihren durchsichtigeren Centren.

Mit dem Auseinanderrücken der Tochterkerne und ihrer weiteren Abrundung geht auch eine vollständigere Ausbildung der beiden Astropylen-Anlagen einher. Die Entfernung zwischen den Mündungen wird größer und die radiären Lamellensysteme in ihrer Umgebung vervollständigen sich mehr und mehr. Einen derartigen späteren Entwicklungszustand habe ich in Textfig. V dargestellt. Die Centralkapsel steht unmittelbar vor der Durchteilung. Die neuen Hauptöffnungen sind so gut wie vollständig ausgebildet und hängen nur noch an einer schmalen Stelle miteinander zusammen.

Im Querschnitt gewährt ein ähnlich weit fortgeschrittenes Stadium der jungen Astropylen den Anblick der Fig. 30 auf Taf. XIII. Wir sehen, wie die Lamellen rings um die Centren die charakteristische radiäre Anordnung zeigen. Die beiden Systeme greifen jetzt nicht mehr ineinander, sondern sie sind bereits durch einen feinen Zwischenraum getrennt. Der nächste Entwicklungsschritt wird diese Gebilde mit der Durchteilung der Centralkapsel zur vollen Selbstständigkeit bringen.

Bezüglich der Parapylen ist zunächst zu bemerken, daß die beiden primären Öffnungen einer Ebene angehören, die zwischen der durch den Kernspalt bezeichneten und der senkrecht dazu gerichteten Längsebene gelegen ist. Es wurde dies weiter oben schon in anderer Form erwähnt, als ich hervorhob, daß die Ebene des Kernspaltes und die Frontalebene sich unter einem schiefen Winkel schneiden. Ich wies bei der Gelegenheit auch bereits darauf hin, daß das Lageverhältnis der Parapylen zur Teilungsebene der Centralkapsel mit hin genau das gleiche sei, wie im Falle der mitotischen Kernvermehrung. Ich will hier auf Fig. 27, Taf. XIII aufmerksam machen, wo ein Querschnitt durch die aborale Hälfte einer mit zwei durch direkte Teilung entstandenen Kernen ausgestatteten Centralkapsel wiedergegeben ist, in den infolge günstiger Orientierung des Objektes beim Schneiden gleichzeitig beide primären Nebenöffnungen gefallen sind.

Auch bei der Teilung unter amitotischer Kernvermehrung entwickeln sich bereits während des Teilungsprozesses zwei sekundäre Parapylen, so daß nach der Trennung der Tochterkapseln jede derselben schon zwei Nebenöffnungen aufzuweisen hat.

Die Lage der jungen Nebenöffnungen entspricht auch vollkommen derjenigen, die diese Neubildungen im Falle der mitotischen Kernteilung zeigen. Hier wie dort sehen wir die jungen Parapylen sich in einer senkrecht zur Hauptachse gerichteten Ebene entwickeln,

die annähernd gleichen Abstand vom oralen und aboralen Pole der Centralkapsel hat, während die beiden primären Nebenöffnungen näher dem aboralen Kapselpole gelegen sind. Wie bei der Zweiteilung unter Mitose, so sind auch im vorliegenden Falle die beiden durch die Mitte der Astropyle gehenden Ebenen, in denen einerseits die ursprünglichen, andererseits die neu gebildeten Parapylen liegen, miteinander gekreuzt. Sie schneiden sich in der Teilungsebene der Centralkapsel, gegen die sie spitzwinklig geneigt sind.

Diese Dinge dürften durch den Hinweis auf die abgebildeten Querschnitte klarer verständlich werden. In Fig. 29 auf Taf. XIII haben wir einen der mittleren Schnitte vor uns, der rechts oben und links unten die beiden neu angelegten Nebenöffnungen aufweist. Die primären Parapylen würden in einem der kleineren mehr aboralen Querschnitte, und zwar bei der gleichen Orientierung kreuzweise zu den ersteren, links oben und rechts unten zu suchen sein. Um die vier Parapylen in ihren gegenseitigen Lagebeziehungen beisammen zu haben, wäre es nur nötig, ein paar entsprechende, gleich orientierte Querschnitte, wie beispielsweise Fig. 27 und Fig. 29 der Taf. XIII, miteinander zu kombinieren.¹⁾ So viel über die relativen Lageverhältnisse der alten und der neu angelegten Parapylen.

Hervorzuheben ist weiter noch, daß auch die absolute Lage der Öffnungen bei direkter Teilung des Kernes regelmäßig die gleiche ist und in diesem Punkte wiederum Übereinstimmung mit den Befunden bei der mitotischen Teilung herrscht. So ist denn die Verschiedenheit in den Abbildungen, von denen beispielsweise Fig. 29 die jungen Nebenöffnungen in entgegengesetzter Lage als Fig. 25 zeigt,²⁾ nur eine Folge der verschiedenen Orientierung der Schnitte bei der Zeichnung. Im ersteren Falle ist das Objekt vom aboralen Pole aus gesehen, das andere Mal von der oralen Seite her dar-

¹⁾ Die in den Bildern zum Ausdruck kommende Verschiedenheit der Kernstadien braucht nicht weiter in Betracht gezogen zu werden. Der zu Fig. 27 gehörende mehr mediane Querschnitt Fig. 26, der andernfalls zum Vergleich heranzuziehen gewesen wäre, läßt die neugebildeten Parapylen vermissen. Sie waren auf zwei der benachbarten Schnitte verteilt, die sich, da es mir bei dem Bilde in der Hauptsache auf die Kerne ankam, weniger gut für die Wiedergabe eigneten. Wir würden uns die jungen Nebenöffnungen in der Figur links unten und rechts oben zu denken haben.

²⁾ Die letztere Figur weist nur eine der beiden Neubildungen auf, die andere junge Parapyle befand sich in dem nächsten Querschnitte. Eine hellere Protoplastastelle am linken oberen Rande verrät jedoch auch hier schon den Ort ihrer Lage.

gestellt. (Vgl. hierzu Teil I, p. 252; Taf. XIV, Fig. 8 und 9 sowie Taf. XV, Fig. 12 und 13.)¹⁾

Bei dem schon mehrfach erwähnten Exemplar mit drei Kernen fand ich entsprechend der Kernzahl auch drei primäre Nebenöffnungen entwickelt, neben jedem Kern eine. Ebenso ließen sich drei junge Parapylen nachweisen. Sie lagen in der Gegend des größten Querschnittes, alternierend mit den primären Nebenöffnungen, also in gleicher Weise verteilt, wie dies bei der Zweiteilung des Kernes der Fall ist.

Was die Entwicklungsstufe betrifft, auf der die neuen Nebenöffnungen angelegt werden, so läßt sich der Zeitpunkt hier nicht so gut fixieren wie bei der Teilung unter Mitose. Dort findet man die ersten Stadien der neu entstehenden Parapylen zur Zeit des zweiten Knäuels. Im vorliegenden Falle sehen wir sie in der Ausbildung schon verhältnismäßig weit fortgeschritten, wenn der Zustand des Kernes noch auf den ersten Beginn des Teilungsprozesses hindeutet (vgl. Fig. 25). Es hat danach den Anschein, daß die Anlage der neuen Bildungen bereits vor Auftreten des Kernspaltes erfolgt, d. h. zu einer Zeit, da an der Centralkapsel überhaupt noch keinerlei deutlichere Anzeichen der bevorstehenden Teilung bemerkbar sind.

Die Bildung der neuen Parapylen nimmt offenbar den gleichen Verlauf wie im Falle der mitotischen Kernteilung, ich habe nichts gefunden, was für das Bestehen irgendwelcher Unterschiede in dem Gange der Entwicklung gesprochen hätte.

e) Abschließende Vorgänge des Teilungsprozesses.

Nachdem sich an der Centralkapsel die im vorstehenden geschilderten teils inneren, teils äußeren Veränderungen vollzogen haben, erfolgt schließlich in der durch das Auftreten des Kernspaltes schon frühzeitig bezeichneten Ebene die Durchteilung der Kapsel. Die Zerlegung derselben in zwei kleinere Tochterkapseln ist ein einfacher Halbierungsprozeß ohne Besonderheiten. Die Astropyle ist geteilt, die beiden neuen Parapylen sind angelegt und schon weit in der Entwicklung fortgeschritten, die derbe Membran der Centralkapsel zeigt sich infolge des Auftretens der ringförmigen Rille in der Ebene des Kernspaltes schon durchschnitten. So beschränkt sich der ganze Vorgang darauf, daß die Endoplasmaschicht zwischen

¹⁾ Die vergleichsweise schwache Andeutung der Parapylen in den früheren Bildern ist auf die Reproduktion zurückzuführen.

den Kernen durchgeteilt wird, daß die Hälften auseinanderweichen und an der Trennungsfläche die fehlende Membran zur Ausbildung kommt. Der letztere Prozeß vollzieht sich, wie bemerkt, erst nachträglich. Ich habe nie irgendwelche Anhaltspunkte dafür gefunden, daß die Membran an der Trennungsfläche schon vor der Zerlegung der Centralkapsel zur Anlage käme.

Hinsichtlich der Verteilung der extracapsularen Körperbestandteile auf die Tochtertiere habe ich dem diesem Gegenstande gewidmeten Abschnitte im ersten Teile der Arbeit nichts Neues hinzuzufügen. Die Teilung vollzieht sich in der gleichen Weise, wie es dort für die Stadien nach Ablauf der Mitose geschildert wurde.¹⁾ Es werden also für die Bildung der Tochterindividuen die extracapsularen Körperbestandteile einfach halbiert und die auseinanderrückenden Tochterkapseln werden zu zwei gesonderten Centren, um die sich jene herumgruppieren. Der fehlende Bestand an Radialstacheln und Tangentialnadeln wird, soweit dies nicht vorher schon geschehen ist, nach der Trennung der Individuen durch Neubildung wieder auf die ursprüngliche Höhe gebracht.

f) Mitotische und amitotische Teilungszustände.

Die unter mitotischer und direkter Kernvermehrung sich abspielenden Vorgänge der Zweiteilung verlaufen, wie wir gesehen haben, in mehrfacher Beziehung unter einem recht verschiedenen Bilde. An der Hand der vorliegenden Beobachtungen wird es uns ein leichtes sein, im einzelnen Falle — wenigstens, solange eine Trennung der Tochterkapseln noch nicht erfolgt ist — zu entscheiden, ob ein Entwicklungsstadium dem einen oder dem anderen Fortpflanzungsmodus zugehöre. Wenn KAWAIAIEW der Irrtum begegnete (vgl.

¹⁾ Wenngleich nach erfolgter Trennung der Tochterkapseln nicht leicht mit Sicherheit zu entscheiden sein wird, welchem Teilungsmodus die jungen Centralkapseln ihren Ursprung verdanken, so hätten, falls wirklich Unterschiede irgendwelcher Art beständen, solche zur Beobachtung kommen müssen.

Eine Verschiedenheit besteht jedoch bezüglich der Weiterentwicklung der Tochtertiere und, unter der Voraussetzung, daß eine Verfolgung ihrer Schicksale möglich wäre, vermüchte man aus letzteren Aufschluß über die vorausgegangenen Erscheinungen zu erhalten. In dem einen wie in dem anderen Falle können wir bei den Tochterkernen zunächst eine radiäre Fadenstruktur ausgebildet finden. Während im Zusammenhange mit der Mitose jedoch die weiteren Veränderungen rückläufig sind und zur Herausbildung des spongiösen Kernzustandes führen, nimmt im Anschluß an die direkte Teilung die Entwicklung einen umgekehrten, progressiven Verlauf, indem sie den gleichen Weg wie bei den vorbereitenden Phasen der Mitose einschlägt.

Teil I, p. 205), daß er Exemplare von *Aulacantha* mit zwei vollständig ausgebildeten und die spongiöse Struktur des Ruhezustandes aufweisenden Kernen in derselben Centralkapsel für ein späteres Stadium der indirekten Kernteilung hielt, so erklärt sich dies daraus, daß KARAWAIEW ausschließlich die Zweiteilung unter mitotischer Kernvermehrung, und aus dieser Entwicklungsreihe auch nur ein paar zeitigere Stadien kannte.

Hat man ein Stadium vor sich, bei dem zwei oder vielleicht gar drei vollständig entwickelte Kerne in einer abgerundeten, keine Anzeichen der Durchschnürung zeigenden Centralkapsel liegen, so kann man sicher sein, zumal wenn die Kerne eine spongiöse Struktur besitzen, daß es sich in diesem Falle um vorausgegangene Amitose handelt, denn bei der Mitose weisen die Tochterkerne noch Einstülpungen bis zur erfolgten Durchschnürung der Centralkapsel auf und runden sich erst nach Trennung der Tochterkapseln vollkommen ab (vgl. Teil I, Textfig. Y). Zu diesen Unterschieden kommt für die erstere Fortpflanzungsart weiter noch die frühzeitig auftretende Halbierung der Astropyle und die Ausbildung einer in die Teilungsebene fallenden ringförmigen Unterbrechung der Kapselmembran hinzu.

Abgesehen von den beiden letzteren, weniger in die Augen springenden Merkmalen der Teilung unter direkter Kernvermehrung ist für die frühen Stadien dieses Fortpflanzungsmodus — und hierher sind ein paar der von V. HAECKER abgebildeten Fälle zu rechnen — das Vorhandensein eines schmalen glatten Kernspaltes und damit verbundene etwa halbkugelige Form der jungen Tochterkerne ein untrügliches Charakteristikum.

Eine ganz ähnliche Art der Kernteilung — soweit die äußere Erscheinung in Frage kommt — beschreibt GRUBER (1883, 1894) für eine Amöbe. In diesem Falle handelt es sich ebenfalls nicht um eine allmähliche Durchschnürung, sondern um eine einfache Spaltung des Kernes, dessen Hälften nach der Zerklüftung an der Spaltungsfläche vollkommen abgeplattet erscheinen und sich erst nachher abrunden. Von anderen derartigen Befunden sei die Beobachtung von GREEFF (1866) erwähnt, der bei seiner *Amoeba brevipes* die Teilung unter einfacher Durchschneidung des Kernes vor sich gehen sah.

Einfache Spaltung des Kernes findet man auch bei der Amitose der Vielzelligen. Ich verweise in dieser Beziehung auf die Untersuchungen von O. VOM RATH (1891), von CHILD (1907 a u. b) und anderen. Die von VOM RATH (l. c. p. 356, Fig. 3) gezeichneten Kerne sind nicht hantelartig eingeschnürt, sondern erscheinen wie durch einen

scharfen Schnitt in zwei Teile zerlegt, ebenso zeigen in den CHILD'schen Abbildungen die jungen, soeben getrennten Tochterkerne „flattened faces where they were previously in contact“; wie bei *Aulacantha* trennt ein glatter, schmaler Spalt die Hälften (1907 b, Fig. 8, VII; Fig. 10, I). Nicht minder ähnliche Teilungsbilder gibt PATTERSON (1908, Fig. 3, 7 u. 8). Allerdings soll nach CHILD die alte Kernmembran gelegentlich noch eine Zeitlang die Teilstücke vereinigen, was bei *Aulacantha* nicht der Fall ist, nach GRUBER aber auch bei *Amoeba proteus* die Regel sein soll.

Es wäre noch einiges Weitere über die Beziehungen der amitotischen zur mitotischen Teilung zu sagen, doch möchte ich mich, da ich weiter unten auf diese Dinge zurückzukommen haben werde, hier auf die obigen Ausführungen beschränken.

E. Fortpflanzung durch Schwärmerbildung.

(Hierzu Taf. XIV, XV und XVI.)

Über die Bildung von Gameten bei den Tripyleen und die bei dieser Fortpflanzungsart sich abspielenden Vorgänge war bislang ebenfalls noch nichts bekannt. Die ersten Angaben über diesen Gegenstand brachten meine beiden vorläufigen Mitteilungen (1896 a und 1896 b), in denen ich, allerdings nur in den äußersten Umrisslinien, den Verlauf des Prozesses skizzierte. Später hat dann auch IMMERMANN (1904) einen der damals von mir erwähnten Entwicklungszustände, und zwar gleichfalls bei *Aulacantha scolymantha*, beobachtet. IMMERMANN selbst war bei diesem einzelnen Funde allerdings noch im Unklaren, ob das Stadium tatsächlich dem in Rede stehenden Entwicklungsgange angehöre, wie er auch in der Deutung des Skeletzustandes bei dem betreffenden Exemplar nicht sonderlich glücklich war,¹⁾ doch lassen die gegebene Abbildung

¹⁾ IMMERMANN referiert bei der Gelegenheit (l. c. p. 13) auch über meine früheren Befunde, bringt dabei jedoch, wie ich bemerken muß, meine Schilderung der vorbereitenden Phasen in einen von mir nicht beabsichtigten Zusammenhang mit anderen gleichzeitig von mir gemachten Angaben über das Auftreten eigentümlicher, mit Fettkügelchen erfüllter Bläschen im Innern der Centralkapsel von *Aulacantha*. Da diese Zustände noch Gegenstand einer besonderen Mitteilung werden sollen, so will ich mich hier darauf beschränken, zu betonen, daß ich die in Rede stehenden Bildungen mit degenerativen Vorgängen in Beziehung bringe

und Beschreibung hinsichtlich der Zugehörigkeit des Zustandes zur Schwärmerentwicklung keinen Zweifel bestehen. V. HAECKER hat in dem ihm vorliegenden Tripyleen-Material keine Stadien der Schwärmerbildung gefunden. Nach meinen eigenen Erfahrungen sind sie auch recht selten, namentlich die charakteristischsten späteren Entwicklungszustände.

Die ersten im Innern der Centralkapsel bei der Gametenbildung sich abspielenden Veränderungen entziehen sich leicht der Beobachtung, wenn man sich auf die Untersuchung ganzer Tiere beschränkt; man muß mit den Verhältnissen schon näher vertraut sein, um die geringen Unterschiede im Aussehen der Individuen richtig zu deuten. Erst wenn der primäre Kern durch Abgabe von Chromatin eine merkliche Verringerung seiner Größe erfahren hat, fallen die zur Bildung von Gameten sich anschickenden Tiere unter der Menge deutlicher auf.

Zur genaueren Untersuchung bedarf es aber auch hier der Anwendung der Schnittmethode, die uns erst einen Einblick in die Einzelheiten der am Kern und im Endoplasma sich vollziehenden Vorgänge ermöglicht.

Der wichtigste Prozeß im Verlaufe der Entwicklung der Gameten ist die Auflösung oder Disintegration des Aulacanthens-Kernes, die schließlich zu einem vollständigen Schwund des primären Nucleus führt. Statt seiner finden wir alsdann eine Unmenge kleiner Kerngebilde durch das Endoplasma zerstreut.

Betrachten wir einen Schnitt durch eine Centralkapsel im Beginne dieses Vorganges (vgl. Taf. XIV, Fig. 34), so sehen wir den primären Kern in seinem allgemeinen Aussehen noch nicht wesentlich verändert: wir bemerken im Innern desselben dickere Chromatinzüge, die vielfach eine radiäre Lagerung zeigen und zwischen ihnen kleinere Brocken. Höchstens fällt eine noch gleichmäßigere Verteilung der chromatischen Substanz auf, so daß die vorhandenen Lücken nicht so groß erscheinen wie dies sonst oft der Fall ist. Untersucht man den Kern genauer, so erkennt man, daß diese Erscheinung mit einer stärkeren Zerklüftung der Chromatinmassen und einer Zunahme der Menge der von den Hauptsträngen losgelösten Teile im Zusammenhange steht.¹⁾ Im übrigen läßt sich

und an einen Zusammenhang mit der Schwärmerbildung keineswegs glaube, wie ich auch bei meiner damaligen, nur die Hauptpunkte der Beobachtungen berührenden Darstellung bereits von „degenerativen Erscheinungen“ sprach.

¹⁾ Das dunklere Aussehen des primären Kernes in den Präparaten, das auch in den Figuren 34 u. 35 in die Erscheinung tritt, ist in der Hauptsache darauf zurück-

noch feststellen, daß die bereits früher (Teil I, p. 217) beschriebenen Paranucleinkügelchen auch jetzt keineswegs fehlen, sie liegen, zu Häufchen von verschiedener Gestalt vereinigt, zwischen den Chromatinteilen zerstreut. Als Anzeichen des beginnenden Zerfalls des primären Kernes ist dagegen noch das Schwinden der Kernmembran hervorzuheben. Sie scheint jedoch nicht gleichzeitig in ihrer ganzen Ausdehnung aufgelöst zu werden, denn während sie streckenweise fehlte, meine ich sie an anderen Stellen noch als feines Häutchen erkannt zu haben.

In die Zeit, da der Kern das geschilderte Aussehen annimmt, fällt auch das Auftreten der ersten Chromatinkörperchen im Endoplasma. Teile des primären Kernes lösen sich ab und wandern in das umgebende Plasma hinüber, wo sie sich nach allen Seiten hin zerstreuen (Taf. XIV, Fig. 34). Wenn auch im weiteren Verlaufe der Entwicklung gelegentlich eine viel feinere Verteilung des Chromatins zu beobachten war, so dürfte es doch feststehen, daß die zu Anfang im Endoplasma erscheinenden Chromatingebilde nicht erst aus einer nachträglichen Verschmelzung kleinerer Granula hervorgehen, sondern, daß sie auf direktem Wege durch Fragmentation des primären Kernes ihren Ursprung nehmen. Darauf deutet auch der Umstand hin, daß im Kerne selbst gleichzeitig zahlreiche abgetrennte Chromatinportionen von ähnlicher Größe sichtbar waren.

Die losgelösten Teile des primären Kernes, die die Gestalt hufeisenartig gebogener Schleifen annehmen, und deren vollkommen chromosomenartiges Aussehen uns zu der Annahme führen muß, daß die Auflösung des Kernes einen Zerfall desselben in die einzelnen Segmente bedeutet, umgeben sich im Endoplasma mit einer durch eine feine Membran begrenzten Vacuole. Die größten Vacuolen hatten einen Durchmesser von 8 μ . An den Chromatinschleifen selbst ließ sich eine Längsspaltung feststellen. Außer der Chromatinschleife war im Innern jedes derartigen Bläschens noch eine kleine Menge einer faserigen protoplasmatischen Substanz zu bemerken, die beim lebenden Tiere wohl gleichmäßiger verteilt, sich in dem geschnittenen Objekt, offenbar infolge der Einwirkung der Reagentien, meist zu einer dichteren Masse in der Um-

zuführen, daß im Interesse einer ausreichenden Färbung der im Endoplasma sich findenden kleineren Chromatinpartikelchen bei der Differenzierung der Eisenhämatoxylinfärbung im Eisenoxydammoniak nicht so weit wie sonst gegangen werden durfte. Es mag aber außerdem auch noch eine größere Dichtigkeit der chromatischen Substanz bestehen, die eine energischere Bindung des Farbstoffes in diesem Stadium bewirkt.

gebung der Chromatinschleife kontrahiert zeigte. Ich habe in Fig. 42 auf Taf. XV eine kleinere Endoplasmapartie mit mehreren solcher Bläschen, an denen man die erwähnten Einzelheiten gut erkennt, bei stärkerer Vergrößerung zur Darstellung gebracht. Auf die Ähnlichkeit dieser Gebilde mit den „Chromosomenbläschen“, die V. HAECKER (1907b) in gewissen Fortpflanzungsstadien bei *Oroslena* beobachtete, sei an dieser Stelle nur kurz hingewiesen.

In anderen Fällen hatten die Bläschen, abgesehen davon, daß sie kleiner waren, ein abweichendes Aussehen, das in Fig. 43 wiedergegeben ist. Statt des bandartig abgeflachten Chromatinstückes erblickt man hier in ihrem Innern ein mehr oder minder rundliches Körperchen, in dessen Umgebung sich eine schwächer färbbare fädige Substanz ausgebreitet findet. Häufig fanden sich Bläschen mit zwei durch Teilung entstandenen und bald noch dicht zusammenliegenden, bald bereits weiter auseinander gerückten kleineren Chromatineinschlüssen, oder das ganze Bläschen war schon in zwei gesonderte Teile zerfallen, die durch ihre Lage oft genug noch deutlich ihre ursprüngliche Zusammengehörigkeit erkennen ließen.

Ich nehme an, daß das eben geschilderte Kernstadium, das in seinem Bau an die Verhältnisse erinnert, wie PROWAZEK (1905b, p. 398) sie bei *Plasmodiophora* antraf, aus dem ersterwähnten hervorgeht und der im folgenden zunächst beschriebene Zustand sich weiterhin anschließt, allerdings habe ich nie durch direkte Beobachtung diesen Zusammenhang feststellen können.

Bei noch anderen Stadien fand ich nämlich kleine bläschenförmige Kerngebilde von 3,5 bis 4 μ Durchmesser mit einem geknäuelten Chromatinfaden im Innern und einem oder zwei centrosomenartigen Körperchen. Ein derartiger Kernzustand ist in Fig. 45 zur Darstellung gebracht. Deutlicher noch treten die Einzelheiten an Fig. 46 hervor, die ein paar Kerne aus einem andern besonders günstigen Präparat bei stärkerer Vergrößerung wiedergibt.

Wenngleich ich diese Phase nur bei späteren Entwicklungsstadien beobachtete, wo die Auflösung des primären Kernes bereits weiter fortgeschritten war, so wird der gleiche Zustand, der uns die Kleinkerne in Vorbereitung zur Mitose zeigt, zweifellos ebenfalls schon auf früheren Stufen zur Ausbildung kommen. Nicht selten sah ich nämlich — und dies auch bereits bald nach Beginn der Disintegrationsvorgänge — die Kleinkerne, deren Membran sich aufgelöst hatte, in mitotischer Teilung begriffen. Der Prozeß hatte gewöhnlich bei allen Kernen etwa gleichzeitig eingesetzt, denn sie waren sämtlich annähernd auf demselben Punkte der Entwicklung.

Nur in einem Falle, in dem der primäre Kern schon verschwunden war, fand ich einerseits Kerne im Knäuelzustand und außer ihnen solche in vorgeschrittenen Stadien der Teilung vor. Erstere überwogen in der oralen Hälfte der Centralkapsel, letztere dominierten dagegen in dem aboralen Teile derselben. Die schon erwähnte Fig. 45 gibt eine Stelle aus einem der Schnitte wieder. Sie zeigt neben einer größeren Zahl von Kernen im Spiremstadium auch einen einzelnen bereits in Durchteilung begriffenen Kern.

Was die Teilung selbst betrifft (vgl. Fig. 47 u. 48), so vollzieht sich dieselbe unter Bildung einer relativ kleinen Anzahl fadenförmiger Chromosomen. Ihre Zahl mochte zehn, höchstens aber zwölf, betragen. Mir sind von Teilungszuständen fast nur solche der späteren Metaphasen und Anaphasen zu Gesicht gekommen. Ob es im Verlaufe der Vorgänge zur Entstehung einer Äquatorialplatte kommt, oder ob die Halbierung einfach in der Weise vor sich geht, daß ähnlich wie es nach VAHLKAMPF (1905) bei *Amoeba limax* der Fall sein soll, die Fäden quer zur Längsrichtung im Äquator durchgeteilt werden,¹⁾ kann ich daher nicht mit Sicherheit sagen. Ganz vereinzelt fand ich zwar Zustände, die das Aussehen eines Äquatorialplattenstadiums hatten (vgl. Fig. 48, untere Hälfte links am Rande), doch möchte ich auf diese ganz wenigen Funde, die vielleicht auch eine andere Deutung zulassen könnten, kein allzu großes Gewicht legen. Eine Längsspaltung der Chromosomen wurde in keinem einzigen Falle beobachtet.

Als Besonderheit der Teilungsfiguren fiel das Vorhandensein eines die jungen Kernanlagen miteinander verbindenden Zwischenstückes auf, das gelegentlich viel dicker als die Chromosomen (Fig. 47), sich in solchen Fällen aber nicht so dunkel wie diese färbte, jedoch auch offenbar zum Teil aus chromatischer Substanz bestand. Es war stets einseitig gelagert und folgte in seiner gebogenen Form der Oberflächenkrümmung der etwa tönnchenförmigen Spindel. Auch bei vorgeschrittenen Stadien, bei denen sich die Kernhälften bereits weit voneinander entfernt hatten, war dies Verbindungsstück oftmals in Gestalt eines langen, geschlängelten Fadens noch erhalten. Außerdem konnte man gelegentlich feine, sich zwischen den auseinanderweichenden Chromosomenenden ausspannende achromatische Fasern erkennen.

Weiter ist endlich noch zu erwähnen, daß an den Spindelpolen,

¹⁾ Über die entsprechenden Verhältnisse bei anderen Triptyleenformen (Caementelliden) und bei Colliden vgl. die späteren Kapitel F und J, sowie Taf. XVII, Fig. 63 u. 68.

oder in der Nähe derselben, minimale centrosomenartige Gebilde, wie sie ebenfalls bei den vorausgehenden Kernstadien einzeln oder in der Zweizahl bereits anzutreffen waren, beobachtet wurden (Fig. 48).¹⁾ Hin und wieder lagen sie auch mehr oder minder dicht beieinander in dem bügelförmigen, von Pol zu Pol sich erstreckenden Verbindungsstück,²⁾ oder man fand außer den zweien noch ein einzelnes solches Körperchen zwischen den auseinanderrückenden Kernhälften vor.

Was das Aussehen der Polkörperchen, in deren Umgebung Strahlungen übrigens nie bemerkt wurden, und ihr Verhalten Farbstoffen gegenüber betrifft, so ist es auffallend, daß sie nicht nur in den mit Eisenhämatoxylin tingierten Präparaten schwarz erscheinen, sondern auch da, wo Karminfarben zur Anwendung kamen. Es machte mir wiederholt den Eindruck, als ob es sich um protoplasmatische Gebilde handle, die in ihrem Innern eine Konkretion umschließen.

Die Bildung, resp. Vermehrung der Kleinkerne vollzieht sich aber auch noch auf einem anderen Wege als bereits geschildert wurde. Gar nicht selten findet sich das ganze Endoplasma von Ummengen kleiner und kleinster, oft staubartig fein verteilter Chromatinpartikelchen durchsetzt (Taf. XIV, Fig. 38). Sie sind durch direkten Zerfall der aus dem primären Kern in das Endoplasma übergetretenen Chromatinteile entstanden. Ein Zwischenstadium dieses Vorganges führt uns Fig. 44, Taf. XV vor Augen, wo neben einzelnen größeren, in offener Auflösung begriffenen Chromatinstücken ungezählte Mengen kleiner Körnchen sichtbar sind. Meist waren die Chromatinkörnchen von einem helleren Hof umgeben, der aber wohl nur der Wirkung der Reagentien seine Entstehung verdankt. Eine Membran wie bei den oben beschriebenen bläschenförmigen Kernen war nicht nachzuweisen.

Späterhin verschmelzen die Teilprodukte wieder, so daß von neuem größere Kerngebilde entstehen, wie sie regelmäßig auf den dem Zerfall der Centalkapsel unmittelbar vorausgehenden Stadien angetroffen werden (vgl. Taf. XIV, Fig. 39).

Ich kehre nunmehr wieder zur Schilderung der an dem primären Kern sich abspielenden Erscheinungen zurück.

¹⁾ Die mit Eisenhämatoxylin behandelten Schnitte lieferten für die Erkennung der Polkörperchen nicht gerade die günstigsten Objekte, da der Mangel eines Unterschiedes in der Färbung dieser Gebilde und der Chromosomen ihren Nachweis oftmals ganz unmöglich machte. Aus diesem Grunde vermißt man sie auch in Fig. 47.

²⁾ Diese Bildung erinnert damit etwas an die Gleitbahn der Centrosomen bei *Plasmodiophora* (vgl. PROWAZEK 1905 b, p. 400).

Mit dem Chromatinverlust, den der primäre Kern erleidet, nimmt auch seine Größe mehr und mehr ab. Meist fand ich in den vorgeschrittenen Stadien zwischen Kern und Endoplasma einen Zwischenraum, der auch an einzelnen der Schnittbilder zu sehen ist; der Kern erschien dann in eine mehr oder minder große Vacuole eingelagert, die wohl bei dem lebenden Tiere nicht vorhanden sein wird. Es ist dies aber ein gutes Erkennungszeichen hierher gehörender Entwicklungszustände, das bei der Sichtung konservierten Materials ihre Auffindung unter der Menge der anderen Stadien sehr erleichtert.

In Fig. 35, Taf. XIV ist ein Schnitt durch eine Centalkapsel dargestellt, deren Kern durch Abgabe von Chromatin an das Endoplasma schon ganz bedeutend in seiner Größe zurückgegangen ist. Die chromatische Substanz bildet nur noch eine relativ kleine, stark zerklüftete und auf diesem Stadium oft schon fast krümelig erscheinende Masse. Von ihr umschlossen sehen wir einen größeren, bisweilen sogar recht umfangreichen, nucleolusartigen kugeligen Körper, der regelmäßig in dieser Phase der Entwicklung, d. h. immer erst einige Zeit nach Beginn der Auflösung des Primärkernes, auftritt. Er möge hier zunächst mit dem indifferenten Ausdruck „Binnenkörper“ bezeichnet sein.

Dieser Körper wird durch Eisenhämatoxylin weniger intensiv als das ihn umgebende Chromatin gefärbt. An seiner Oberfläche pflegt er ziemlich scharf begrenzt zu sein; gelegentlich ist auch die äußerste Schicht etwas dunkler tingiert, doch fand ich niemals eine besondere Membran an seiner Oberfläche differenziert. Er weist stets eine Anzahl größerer und kleinerer Vacuolen auf, die manchmal so reichlich entwickelt sind, daß seine Masse durch sie ein vollkommen schwammiges Aussehen erhält. Je nach der Größe der Hohlräume erscheint seine Struktur alsdann bald gröber, bald feiner spongiös. In anderen Fällen, wo die größeren Räume an Zahl zurücktreten, finden wir eine im wesentlichen feinwabige Struktur ausgebildet. Die letztere Möglichkeit wird durch Fig. 40 auf Taf. XV illustriert, die bei stärkerer Vergrößerung einen Teil eines Querschnittes aus dem in Fig. 36, Taf. XIV sichtbaren Binnenkörper darstellt. Der scharf konturierte Rand im unteren Teile des Bildes bezeichnet seine äußere Begrenzung; in das feinere Wabenwerk sind einzelne größere Vacuolen eingelagert, die im Innern ein teils körniges, teils faseriges Gerinnsel umschließen.

Was den Ursprung und die Bedeutung des in Rede stehenden Gebildes betrifft, so könnte man unter Berücksichtigung der weiteren Vorgänge wohl vermuten, daß es sich hier um eine vorüber-

- gehende Abspaltung gewisser Kernsubstanzen handelt. Da nämlich mit dem Beginne der Disintegrationsvorgänge die Paranucleinkügelchen zwischen den Chromatinteilen verschwinden, so liegt es nahe, anzunehmen, daß ihre Masse sich in dem kugeligen Binnenkörper konzentrierte, um so mehr, als auch das färberische Verhalten des letzteren zugunsten dieser Ansicht angeführt werden könnte. Wir hätten unter solchen Umständen in dem erwähnten Körper substantiell einen Nucleolus vor uns. Allein, sein sonstiges Verhalten, auch schon sein Auftreten zu einer Zeit, da der Kern in Auflösung gerät, spricht nicht für diese Annahme.

Werfen wir einen Blick auf die weiteren Schicksale des Binnenkörpers, so sehen wir, daß er sich nur bildet, um kurze Zeit nach seinem Entstehen auch schon wieder zu zerfallen. Der Auflösungsprozeß beginnt nach einem meiner Präparate in den Außenschichten und dringt von dort nach innen vor. Die peripheren Partien nehmen ein bröckliges Aussehen an, die Umgrenzung wird dadurch zerrissen und unbestimmt und bald löst sich die Masse in den noch vorhandenen Teilen des Kernes völlig auf. Gelegentlich geht aber der Prozeß im Innern schneller vor sich als außen. Fig. 41 auf Taf. XV zeigt einen solchen bereits weit im Zerfall vorgeschrittenen Binnenkörper. Man erkennt aber noch an den unregelmäßig gestalteten Trümmern der äußeren Schichten gut die Lage und die ungefähre Größe der Bildung.

In dieser Periode, bald ein wenig früher, bald etwas später, verliert der primäre Kern die letzten Reste seines Chromatinbestandes. Nicht selten beobachtet man schon zu einer Zeit, da der Binnenkörper noch völlig intakt ist (vgl. Fig. 36, Fig. XIV), in der Umgebung des letzteren nur noch verhältnismäßig geringe Überbleibsel, die aus einer körnig-faserigen, schwächer als der Binnenkörper sich färbenden Substanz bestehen. In anderen Fällen findet man jedoch auch nach Auflösung des Binnenkörpers noch in dem unregelmäßig geformten Kernrest einzelne dunkler färbbare Partikelchen (Fig. 37), oder auch die ganze Masse tingiert sich etwas kräftiger. Diese Erscheinung mag aber vielleicht gerade mit dem Zerfall des Binnenkörpers, der auch wohl nicht ganz frei von chromatischen Bestandteilen ist, im Zusammenhange stehen, wie außerdem Unterschiede in der Konzentration der Substanz dabei in Frage kommen mögen.

Kurze Zeit darauf hat nun der primäre Kern überhaupt aufgehört, als besondere Bildung zu existieren, und höchstens deutet noch ein verändertes Aussehen der centralen Protoplasmapartien, die vor allem zunächst der groben Vacuolisierung entbehren, die Stelle

an, wo er zugrunde gegangen ist (vgl. Taf. XIV, Fig. 38). Aber auch diese letzten Spuren seines einstigen Bestehens verwischen sich bald, so daß dann nichts mehr auf den früheren Zustand hinweist.

Es fragt sich nun, ob die Entstehung und der Zerfall des Binnenkörpers vielleicht noch eine andere Deutung als die oben gegebene zulassen. Am meisten erinnern wohl die geschilderten Vorgänge an gewisse Erscheinungen, wie SCHAUDINN (1900) sie bei der Gametenbildung von *Coccidium schubergi* SCHAUD. beobachtet hat. Hier geht sowohl bei der Entwicklung der Microgameten, wie auch der Macrogameten ein Teil des Kernes, das Caryosom, das als kugeliges, vacuolisiertes Gebilde erscheint und in seinem Aussehen eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Binnenkörper von *Aulacantha* zeigt, zugrunde: in dem ersteren Falle löst es sich, nachdem das Chromatin aus dem Kern ausgetreten ist, mit den zurückbleibenden, nicht zum Aufbau der Gameten verwendeten Protoplasma-resten auf, im anderen Falle wird es gänzlich ausgestoßen. Beide Male handelt es sich um eine Reduktion der Kernsubstanzen.

Wenn nun auch das Caryosom der Coccidien in sonstiger Hinsicht, vor allem schon durch die Rolle, die es während der Kernteilung bei der Schizogonie spielt, als eine besonders geartete Bildung erscheint, so ist es doch nicht ausgeschlossen, daß uns sein Verhalten im Falle der Gametenentwicklung die Richtung weist, in der wir auch die Bedeutung des Binnenkörpers von *Aulacantha* zu suchen haben. Bei *Coccidium* sehen wir zwar deutlich, wie ein Teil der Kernsubstanzen mit dem Caryosom gänzlich beseitigt wird, während sich bei *Aulacantha* die Zerfallsprodukte des Binnenkörpers vor Bildung der Gametenkerne restlos im Endoplasma verteilen. Es erscheint jedoch nicht ausgeschlossen, daß das Material des Binnenkörpers, bei dem später erfolgenden Zerfall der Centralkapsel mit Teilen des Endoplasmas eliminiert wird und auf diese Weise ein ähnlicher Effekt, wie bei den erwähnten Vorgängen im Coccidienkörper erzielt wird.

Diese Annahme gewinnt an Wahrscheinlichkeit, wenn wir die Vorgänge in Betracht ziehen, wie sie sich nach BRANDT (1905) bei der Sporenbildung von *Thalassicolla* abspielen. Hier bleiben von den intracapsularen Teilen gelegentlich Protoplasma-klumpen zurück, die wohl auch Substanzen des Kernes enthalten. Bezüglich der Anisosporenbildung wird auch besonders angegeben, daß hierbei „sogar ein nicht unbeträchtlicher Rest des sog. Binnenbläschens, des primären Kernes“, übrig gelassen wird, der dann gleich den extracapsularen Teilen des Körpers zugrunde geht. Allerdings liegt bei

den erwähnten Radiolarienformen wohl weniger eine eigentliche „Reduktion“ vor, d. h. eine Verringerung der chromatischen Kernsubstanz, denn die Kernreste sind in beiden Fällen chromatinarm, vielmehr dürfte es sich wohl um eine Art von „Epuration“ (vgl. SIEDLECKI 1899), um die Entfernung gewisser im Dienste der vegetativen Funktionen der Zelle stehender Kernbestandteile handeln, die nach Austritt der generativen Kernsubstanzen zurückblieben.

Der Untergang des großen primären Kernes bedeutet, wie wir gesehen haben, die Entstehung einer reichen Schar von sekundären Kernen, über deren Vermehrung durch Teilung ich weiter oben berichtete.

Je nach der Entwicklungsphase, in der sich die Kerne befinden, bietet nun ein Schnitt durch die Centralkapsel ein wechselndes Bild. So sehen wir in Fig. 38 auf Taf. XIV, die auch noch die erwähnte Verschiedenheit in dem Aussehen des Protoplasmas der centralen und der umgebenden Partien erkennen läßt, eine Unmenge kleiner einfacher Chromatinkörperchen in dem Endoplasma zerstreut. Einen weiter vorgeschrittenen Zustand bringt Fig. 39 zur Darstellung. Hier zeigt der centrale Teil keinerlei abweichende Struktur mehr und außerdem trifft man jetzt überall, zwar weniger zahlreiche, dafür aber größere und höher differenzierte Kerngebilde durch die Protoplasamasse verteilt, die ihrerseits bis auf die gelegentlich auffallend schwache, in anderen Fällen aber besonders reichliche Vakuolisierung den gewöhnten Anblick gewährt.

Ich fand in dem letzterwähnten Stadium, das dem nun folgenden Zerfall der Centralkapsel unmittelbar vorausgeht, die Kleinkerne fast immer auf der gleichen Entwicklungsstufe, d. h. in der Phase des Fadenknäuels (vgl. Fig. 46, Taf. XV). Nur einmal beobachtete ich zu diesem Zeitpunkt noch Teilungsvorgänge. Es war dies der schon erwähnte Fall: die Kerne befanden sich in ungewohnt verschiedenen Zuständen, indem ein Teil das Knäuelstadium noch nicht überschritten hatte, während die am weitesten fortgeschrittenen bereits in den Anaphasen waren (vgl. Fig. 45 u. 48, Taf. XV). Die Teilungsfiguren waren in diesem Stadium kleiner als bei früheren Zuständen, wo der primäre Kern noch teilweise erhalten war (Fig. 47). Auch bei einer Caementellide¹⁾ sah ich in den letzten Augenblicken des Bestehens der Centralkapsel sich noch Teilungsprozesse an den Kleinkernen abspielen.

¹⁾ Vgl. Kapitel F. und Taf. XVII, Fig. 63.

Ehe ich auf die weiteren Entwicklungszustände eingehe, muß ich noch über das Verhalten der Öffnungen der Kapselmembran berichten.

Alle die geschilderten Veränderungen im Innern der Centralkapsel haben keinen Einfluß auf die Öffnungen; sowohl die Astropyle, als auch die beiden Parapylen bleiben bis zur vollendeten Auflösung des Primärkernes, ja überhaupt solange die Centralkapsel in ihrer äußeren Form bestehen bleibt, erhalten. Was die Hauptöffnung betrifft, so ist dies Verhalten auch aus Fig. 39, Taf. XIV ersichtlich.

Die nun folgenden Stadien zeigen uns aber die *Aulacantha* in einem wesentlich veränderten Aussehen. Die Centralkapsel als solche ist verschwunden und statt ihrer finden sich in dem Hohlraum des Skelets eine größere Anzahl kernhaltiger Protoplasmaaballen.

Die durch den Zerfall der Centralkapsel entstehenden Teilstücke, deren Bildung durch die Auflösung der Kapselmembran eingeleitet wird, sind annähernd kugelig oder von länglich-runder Gestalt, ihr Durchmesser schwankte meist zwischen 60 und 100 μ , doch wurden vielfach auch größere und kleinere Ballen beobachtet. In anderen Fällen bilden die Ballen noch mehr zusammenhängende unregelmäßig geformte Massen, die gelegentlich einzelne Radialstacheln umgreifen. Mehr oder minder tiefe Einschnürungen an der Oberfläche dieser Gebilde deuten den Verlauf an, den die Zerklüftung der Massen nimmt.

Eine weitere hervorstechende Eigentümlichkeit dieses Entwicklungsstadiums ist, daß vom Phäodium jetzt nichts mehr zu sehen ist. Es spielt keinerlei Rolle im Verlaufe der Gametenbildung und so benutzt das Tier den Zeitpunkt des Zerfalls der Centralkapsel, um sich des unnötigen Ballastes zu entledigen.

Diese Veränderungen, namentlich das Fehlen des dunklen Phäodiumklumpens, sind ein so auffälliges Merkmal, daß es leicht ist, derartige Zustände schon mit bloßem Auge zu erkennen. Außer den erwähnten Besonderheiten des Stadiums ist hervorzuheben, daß das Skelet zu dieser Zeit noch gut erhalten zu sein pflegt. Eine *Aulacantha* in der in Rede stehenden Phase der Entwicklung findet sich in Fig. 49 auf Taf. XVI abgebildet.

Nun tritt eine weitere Zerklüftung der Massen ein, die größeren runden Körper werden in kleinere zerlegt. Infolge dieses Vorganges kommt es zur Ausbildung eines Zustandes, wie er uns in Fig. 54 vor Augen tritt. Ich sah hier die etwas größeren Ballen des vorerwähnten Stadiums z. T. noch in der Teilung begriffen. Es ent-

stehen dabei gestreckte oder unregelmäßig rundliche Körper, an denen Einschnürungen und heller erscheinende Trennungslinien den sich vorbereitenden Zerfall in eine entsprechende Anzahl kleinerer runder Ballen erkennen lassen (Taf. XVI, Fig. 55). Bei den isolierten Kugeln fand ich das Protoplasma der äußeren Schicht, die sich durch etwas feinere Struktur auszuzeichnen schien, hin und wieder in einen kleinen breiten oder mehr zugespitzten Höcker ausgezogen. Der Durchmesser der einzelnen Kügelchen betrug bei dem einen von mir in diesem Stadium beobachteten Stücke durchschnittlich etwa 25–30 μ .

Zwischen den kleinen Kügelchen sah ich noch einige unregelmäßig gestaltete kernlose Plasmafetzen. Vielleicht waren es Reste des extracapsularen Protoplasmas, es kann aber auch sein, daß es sich hier um losgetrennte Teile der Ballen handelte.

Es bleibt ohnehin noch die Frage zu entscheiden, was aus dem extracapsularen Protoplasma wird, ob es bei dem Zerfall der Centralkapsel sich mit deren Sarcodemassen vereinigt, oder ob es zugrunde geht. Ich glaube eher das letztere annehmen zu sollen, meine jedenfalls, daß es, wenn es überhaupt am Aufbau der Gameten beteiligt ist, hierbei doch nur eine sehr untergeordnete Rolle spielen wird.

Die Erscheinungen der Auflösung, wie sie an dem Weichkörper zutage treten, spiegeln sich auch in dem Zustande des Skelets allmählich wieder. Mit dem Schwinden der Bestandteile des Körpers, die bis dahin den lose zusammengefügt Kieselgebilden eine Stütze gewährten, beginnt auch der Zusammenhalt der Skeletstücke sich mehr und mehr zu lockern. Ein leichter Druck genügt jetzt schon, um die Teile voneinander zu trennen, das Skelet zum Zerfall zu bringen (Fig. 54).¹⁾

So viel über die allgemeine äußere Beschaffenheit dieser Entwicklungszustände. Es erübrigt nunmehr noch, auf die Einzelheiten des Baues, wie sie sich bei genauerer Untersuchung ergeben, hier einzugehen.

Zunächst möchte ich noch bemerken, daß in den letzterwähnten und auch bereits in den vorausgehenden Stadien der Disintegration des primären Kernes das Verhalten der chromatischen Substanz Farbstoffen gegenüber ein deutlich verändertes ist, insofern schon, als das Chromatin sich mit den gewöhnlichen Kernfärbemitteln recht schwer färben läßt. Die beste Wirkung erreichte ich mit Eisenhämatoxylin, auch Eosin lieferte gute Präparate. Dagegen erhielt

¹⁾ Vgl. auch IMMERMANN'S Abbildung (1904; Taf. I, Fig. 2).

ich mit Karmin- und Hämatoxylingemischen meist recht wenig ausreichende Resultate; an ganzen Tieren war innerhalb der gebräuchlichen Dauer der Einwirkung überhaupt keine Kernfärbung zu erzielen.¹⁾ Das mit Salzsäure-Karmin behandelte Totalpräparat, nach dem Fig. 49 gezeichnet wurde, konnte geradezu als ungefärbt gelten. Ich habe aus diesem Grunde späterhin selbst bei den ganzen Exemplaren Eisenhämatoxylin als Färbemittel angewandt, so z. B. auch bei dem Stück, das in Fig. 54 dargestellt ist.

Als wesentliches Ergebnis der weiteren Untersuchung ist die Tatsache zu vermerken, daß die Entwicklung bei den hier in Rede stehenden Fortpflanzungserscheinungen wohl insofern eine einheitliche bei allen Individuen ist, als sie eben allgemein der Gametenbildung zustrebt, daß aber auch in diesem Falle wiederum eine Verschiedenheit in den Vorgängen Platz greift, die zur Entstehung zweier Arten von Fortpflanzungskörpern führt.

Während bis zu dem Punkte, auf dem die Centralkapsel in ihrer äußeren Gestalt noch erhalten ist, nichts beobachtet wurde, was auf einen verschiedenen Verlauf der Weiterentwicklung hingedeutet hätte, treten nach Zerfall der Kapsel an den Individuen deutliche Unterschiede zutage.

In dem einen Falle (vgl. Taf. XVI, Fig. 53) haben wir nach der Zerklüftung der Centralkapsel Ballen aus einem grob strukturierten Protoplasma vor uns, das größere und kleinere Vacuolen aufweist und in das die Kerne eingelagert sind. Äußerlich ist die Plasmamasse durch eine scharfe Umrißlinie begrenzt. Es ist auch ein zartes Häutchen an der Oberfläche ausgebildet, dies war aber stets von außerordentlicher Feinheit, nie erschien es doppelt konturiert. Nebeneinanderliegende Ballen standen gelegentlich noch durch kernlose Protoplasmazüge im Zusammenhang.

Die Zahl der Kerne ist zwar recht bedeutend, doch sind sie immerhin noch durch größere vom Protoplasma ausgefüllte Zwischenräume voneinander getrennt. Die Kerne selbst sind kugelig oder länglich rund. Ihr Durchmesser wurde auf 3,5 bis 4 μ festgestellt. Mit einer einzigen Ausnahme, wo die chromatische Substanz, offenbar infolge unzureichender Fixierung, die sich auch durch mangelhafte Färbbarkeit kenntlich machte, ein homogenes Aussehen zeigte, befanden

¹⁾ Die gleiche Erfahrung hat offenbar auch IMMERMANN gemacht. Die schon erwähnte, von ihm gegebene Abbildung einer in Gametenbildung begriffenen *Aulacantha* zeigt durch Hämatoxylin diffus blau gefärbte Kügelchen, in denen dunklere Kerne nicht angedeutet sind. Auch im Text ist von Kernen nicht die Rede.

sich die Kerne regelmäßig im Knäuelstadium. Der Fadenknäuel erschien stets recht dicht, und meistens ließ sich außerdem auch noch ein kleines rundes centrosomenartiges Körperchen im Innern der Kerne erkennen. Ihr Aussehen stimmt also vollkommen mit dem der Kerne überein, die vor der Auflösung der Centralkapsel in ihrem Protoplasma anzutreffen waren (vgl. Taf. XV, Fig. 46). Teilungsstadien wurden jedoch innerhalb der Ballen niemals beobachtet.

In diese Entwicklungsreihe gehört das in Fig. 49 auf Taf. XVI abgebildete Stadium hinein. Ebenso ist Fig. 54, die mit ihren kleineren Plasmaballen einen weiter fortgeschrittenen Zustand darstellt, hierher zu beziehen. Leider konnte ich im letzteren Falle eine genauere Untersuchung an Schnitten nicht vornehmen. Das einzige Exemplar, das ich besaß, war in Canadabalsam aufbewahrt. Bei dem Versuch, das Einschlußmittel aufzulösen, drohte das Stück gänzlich auseinanderzufallen und verloren zu gehen, so daß ich froh sein mußte, dieser Gefahr noch rechtzeitig durch Wiederherstellung des Präparates begegnen zu können. So kann ich leider über die Struktur der Kerne auf dieser späteren Entwicklungsstufe nichts Genaueres angeben. Ihr Durchmesser war nicht wesentlich geringer als in den größeren Ballen, er betrug durchschnittlich $3\ \mu$.¹⁾

Äußerlich und auf den ersten Blick den vorerwähnten Stadien durchaus ähnlich, aber doch bei genauerer Betrachtung leicht von ihnen zu unterscheiden sind die im folgenden beschriebenen Zustände, bei denen die Entwicklung zu einem anderen Endziel führt.

Schon die Untersuchung in toto läßt gewisse Unterschiede in der Struktur der Ballen bei den einzelnen Individuen erkennen. Erscheinen diese in dem einen Falle, wie wir sahen, als derb strukturierte Protoplasamassen, in denen man die Kerne, wenn es gelang, sie kräftig genug zu färben, relativ locker zerstreut findet, so zeichnen sich im Gegensatz dazu die betreffenden Gebilde bei anderen Tieren durch eine viel dichtere und manchmal in der Oberflächenansicht bis zu einem gewissen Grade regelmäßige, konzentrische Lagerung ihrer Kerne aus. Vor allen Dingen aber fällt ein eigentümlich flimmerndes Aussehen der Ballen auf, das von der Anwesenheit unzähliger kleiner Kristalloide herrührt. Fig. 50 auf Taf. XVI gibt einen einzelnen solchen Ballen bei mittelstarker Vergrößerung wieder.

¹⁾ Nebenbei sei hier noch erwähnt, daß sich zwischen den Ballen ein paar längere und kürzere Protoplasmastränge fanden, die dicht mit kleinen Kernen durchsetzt waren (vgl. Fig. 56). Wie mir schien, waren es Bruchstücke einer *Acanthometride*, in denen die Skeletteile aufgelöst waren. Auf jeden Fall handelte es sich um von außen stammende, nicht zur *Aulacantha* selbst gehörende Gebilde.

Besonders deutlich treten jedoch die Unterschiede zwischen den einander entsprechenden Stadien der beiden Entwicklungsreihen bei einem Vergleich von Schnitten zutage. Ich verweise in dieser Beziehung einerseits auf die uns bereits bekannte Fig. 53, andererseits auf Fig. 51, die sich auf den letztgeschilderten Zustand bezieht.

Der einzelne Ballen ist wiederum äußerlich scharf begrenzt. An seiner Oberfläche sieht man eine feine Hüllmembran differenziert. Hier und da findet man auch in diesem Falle nebeneinanderliegende Ballen durch Protoplasmazüge verbunden. Die Kerne sind bläschenförmig, kugelig und besitzen etwa die gleiche Größe wie bei den vorerwähnten Stadien. Sie sind jedoch weitaus zahlreicher als dort und so dicht gelagert, daß die ganzen Ballen auf den ersten Blick eigentlich nur aus Kernen zu bestehen scheinen. Statt des sonst relativ reichlich vorhandenen, grob strukturierten und von Vacuolen durchsetzten Protoplasmas treffen wir im vorliegenden Falle nur ganz geringe Mengen einer sich blaßfärbenden, feinkörnigen Sarcode an, die bald die spärlichen Lückenräume zwischen den Kernen ausfüllt, bald nur in Gestalt dünner Faserzüge erscheint. Hierzu kommt als weiterer wichtiger Unterschied noch das Vorhandensein der schon erwähnten Kristalloide. In meinen Schnitten waren sie allerdings nicht mehr aufzufinden; sie waren bei dem Prozeß des Färbens und Auswaschens der Objekte in Lösung geraten.

Im Hinblick auf den Bau der Kerne habe ich noch zu erwähnen, daß ich dieselben zu dieser Zeit stets in der gleichen Phase der Entwicklung fand. Offenbar handelt es sich um einen Ruhezustand. Regelmäßig zeigte sich das Chromatin in ihrem Innern in Bröckchen und Strängen angeordnet, die vielfach eine radiäre Orientierung aufwiesen. Das Vorhandensein centrosomenartiger Körperchen, von denen sich jetzt aber immer nur eines im Kerne fand, konnte auch hier festgestellt werden. In den mit Eisenhämatoxylin tingierten Präparaten waren sie unter den Chromatinteilchen allerdings nicht immer ganz sicher herauszufinden, doch fielen sie bei Eosinfärbung als dunkle Kügelchen deutlich auf. Teilungsvorgänge oder Anzeichen für das Bestehen solcher Erscheinungen habe ich in dieser Periode nie beobachtet.

Was nun noch die Kristalloide betrifft, so sind es längliche Gebilde, die in der Mitte am dicksten, an den Enden dagegen zugespitzt sind. Sie besitzen also eine etwa spindel- oder vielleicht richtiger doppelpyramidenförmige Gestalt, denn es sieht so aus, als ob Kanten vorhanden sind und der Querschnitt scheint viereckig zu sein. Die größten unter ihnen hatten eine Länge von $1,8 \mu$. Über ihre optischen

Eigenschaften war bei der geringen Größe nichts Sicheres festzustellen, ebenso konnte ich wegen Mangels ausreichender Materialmengen die chemische Beschaffenheit nicht näher untersuchen. Die Zahl der Kristalloide in einem Ballen ist außerordentlich bedeutend, da auf jeden Kern ein bis drei derselben entfallen. Es ist aber bei der dichten Häufung der Kerne nicht ganz leicht festzustellen, wo die Kristalloide ihre Lage haben. Aus meinen Untersuchungen ganzer Ballen habe ich den Eindruck gewonnen, daß sie innerhalb der Kerne gelegen sind und noch sicherer glaube ich dieses Verhalten an einem Quetschpräparat nachgewiesen zu haben; die blasse Färbung der mit Salzsäure-Karmin tingierten Kerne, deren äußere Umrisse in dem Balsampräparat nur mit größter Mühe zu erkennen waren, erschwerte aber die Entscheidung der Frage sehr. In Fig. 52, Taf. XVI habe ich einen Haufen von Kernen, die durch Zerdrücken eines Ballens isoliert worden waren, mit ihren Kristalloiden im Innern wiedergegeben. An Schnitten konnte ich meine Beobachtungen leider nicht kontrollieren, da, wie schon erwähnt, die Kriställchen immer gelöst waren.

Wiederholt ist schon früher das Vorkommen kristallartiger Bildungen im Protoplasma beobachtet worden. Zuerst hat, soweit die Protozoen in Frage kommen, wohl AUERBACH (1855; Taf. XX, Fig. 12 u. 13) solche Gebilde bei seiner *Amoeba actinophora* gesehen; später fand GRUBER (1883; Taf. XIX, Fig. 9) ganz ähnlich gestaltete Kristalloide, wie ich sie bei *Aulacantha* sah, in der Sarcode von *Amoeba proteus*. Am bekanntesten dürfte das Beispiel sein, das die fruktifikativen Sphärozoöen-Kolonien darbieten. Hier erscheinen bei der Isosporenbildung neben den Kernen kleine Kriställchen, deren Größe und Gestalt bei den einzelnen Arten und je nach dem Entwicklungszustande Verschiedenheiten zeigt (vgl. BRANDT, 1885).

Aber auch im Innern von Kernen ist bereits das Auftreten von Kristalloiden konstatiert worden, es liegen sogar eine ganze Reihe von einschlägigen Notizen vor, die sowohl pflanzliche wie tierische Objekte betreffen. Um mich hier auf einige Befunde aus dem Gebiete der Zoologie zu beschränken, verweise ich nur auf die Untersuchungen von LIST (1897), der über die Entwicklung von Kristalloiden in den Kernen der Wanderzellen bei Echiniden berichtet, ferner auf die teils älteren, teils neueren Angaben verschiedener anderer Autoren, so von FRENZEL (1882 u. 1886), MINGAZZINI (1889), RENGEL (1897), LENHOSSÉK (1897), SJÖVALL (1901), HADŽI (1907).

Ich selbst habe bei einigen unter meinen Vorräten gefundenen Sphärozoöen-Kolonien versucht, soweit das spärliche Material es

zuließ, über die Entstehung der Kristalloide und die möglicherweise auch hier bestehenden Beziehungen zum Kern Näheres festzustellen. Schon BRANDT (l. c.) betont an mehreren Stellen, daß die bei der Isosporenbildung erscheinenden Kriställchen stets in unmittelbarer Nähe der Kerne auftreten, ihnen sogar gelegentlich direkt anliegen.

Bei der von mir untersuchten *Collosoum*-Art fand ich in einzelnen Individuen vollkommen entsprechende kleine Kristalloide, wie ich sie oben für *Aulacantha* beschrieb, nur waren sie etwas größer, denn ihre Länge betrug 2—2,8 μ . Ihre Lage hatten sie außerhalb, jedoch in allernächster Nähe der Kerne. Außerdem sah ich aber auch Fälle, in denen nicht ein einziges Kristalloid außerhalb der Kerne zu finden war, während im Innern aller Kerne kleine helle Einschlüsse, augenscheinlich die ersten Anlagen der Kristalloide, die späterhin den Kern verlassen, zu erkennen waren. Ebenso wurden Zwischenstadien beobachtet, wo nur wenige freie Kriställchen angetroffen wurden. Dabei sah ich einzelne Kerne, deren Oberfläche eine kleine Vorwölbung aufwies. An der betreffenden Stelle war dann ein Kristalloid sichtbar, das im Begriffe war, mit dem einen spitzen Ende voran, aus dem Kerninnern herauszutreten. Außerhalb der Kerne wachsen darauf die Kriställchen weiter heran. Die spätere Größenzunahme wurde auch schon von R. HERTWIG (1876, p. 29) festgestellt. Es ist wohl anzunehmen, daß hinsichtlich der Bildungsweise der Kristalloide die Radiolarienarten sich im wesentlichen gleich verhalten.

Um ein anderes Beispiel dafür anzuführen, daß im Innern von Kernen entstandene Kristalloide späterhin aus diesen hervortreten, sei eine Angabe PROWAZEK's (1905 b, p. 405) erwähnt, wonach im Blute gelbsüchtiger Seidenraupen Nucleoproteinkristalloide gefunden werden, deren Bildungsstätte die Kerne der Leukocyten sowie die Fettkörperzellkerne sind. Auch SJÖVALL (1901) fand ganz ähnliche Kristalloide wie er sie im Kern sah, auch im Plasma der betreffenden Zellen.

Ich komme nunmehr auf die weiteren Schicksale der kernhaltigen Ballen von *Aulacantha* zurück.

Ob auch im zuletzt geschilderten Falle die größeren Ballen noch wieder in kleinere zerfallen, habe ich nicht ermitteln können, es ist aber wahrscheinlich; vielleicht hat sogar IMMERMANN ein derartiges Individuum vorgelegen. Das von ihm abgebildete Stück enthält nämlich zahlreiche kleinere runde Ballen, deren Inhalt nach IMMERMANN's Angabe „vollkommen die Gestalt kleiner Kügelchen zeigte“. Kristalloide werden zwar nicht erwähnt, doch könnten sie bei dem Färbungsprozeß gelöst worden sein.

Wenn es mir auch nicht gelang, die letzten abschließenden Stadien der Gametenbildung zu erhalten, so liegt doch der Verlauf der weiteren Vorgänge im wesentlichen klar zutage. Die kern-erfüllten kleinen runden Ballen beiderlei Art zerfallen in eine der Menge der Kerne entsprechende Zahl von Gameten, die bei ihrem Ausschwärmen das leere in Auflösung geratende Skelet des Muttertieres zurücklassen und in einer weiterhin noch näher zu untersuchenden Weise wieder zur Entstehung junger Aulacanthen führen. Es erscheint mir dabei sehr wahrscheinlich, daß ähnlich wie es nach den Beobachtungen BRANDT's (1895) bei *Thalassicolla* der Fall ist, auch bei *Aulacantha* infolge Zerfalls des hydrostatischen Apparates ein Untersinken der in Gametenbildung begriffenen Individuen und ein Ausschwärmen der Fortpflanzungskörper in etwas größeren Tiefen stattfindet.

Die Befunde lassen weiterhin unzweideutig erkennen, daß zwei verschiedene Formen von Gameten gebildet werden, von denen im gleichen Tiere immer nur eine Art zur Entstehung kommt. Da der Zerfall der Ballen und die freigewordenen Gameten selbst nicht beobachtet wurden, so ist über den Bau der letzteren leider nichts Bestimmtes anzugeben, doch dürfen wir wohl aus den Verhältnissen, wie wir sie bei den unmittelbar vorausgehenden Entwicklungszuständen antreffen, auf gewisse Unterschiede ihres Aussehens schließen.

In dem einen Falle weisen die Gameten außerordentlich wenig fein strukturiertes Protoplasma auf, so daß sie in der Hauptsache aus einem großen bläschenförmigen Kern bestehen. Außerdem sind ein paar kleine Kristalloide vorhanden.

Die andere Form von Gameten ist durch den Besitz reichlicheren Protoplasmas ausgezeichnet, sie sind infolgedessen auch größer als die ersterwähnten. Das Plasma zeigt eine grobe Struktur. Auch hier ist der Kern rund und bläschenförmig, Kristalloide fehlen jedoch.

Ob außerdem auch eine Verschiedenheit hinsichtlich der Struktur der Gametenkerne besteht, wage ich nicht zu entscheiden, weil es nicht sicher ist, daß bei den beobachteten Stadien die Umwandlungen bereits abgeschlossen waren.

Daß eine oder ein paar Geißeln vorhanden sind, möchte ich für höchst wahrscheinlich halten, schon deswegen, weil solche auch bei den Schwärmern anderer Radiolarien (Sphärozoëen, Colliden, Acanthometriden) entwickelt sind. Möglicherweise stehen die centrosomenartigen Körper, die ich in den Kernen bei der Gametenbildung

von *Aulacantha* nachwies, mit der Entstehung von Geißeln in Beziehung.¹⁾ Ich brauche dabei nur an die Verhältnisse bei Trypanosomen und ähnlichen Formen, an den Blepharoplasten bei pflanzlichen Spermatozoiden zu erinnern.

Es ist ferner wohl mit ziemlicher Sicherheit anzunehmen, daß die beiden Arten von Schwärmern, wie sie bei *Aulacantha* gebildet werden, in dem Verhältnis von Macro- und Microgameten zu einander stehen. Die größeren protoplasmareichen Gameten werden das weibliche, die kleineren, in der Hauptsache aus einem Kern und nur ganz geringen Protoplasmamengen bestehenden Schwärmer dagegen das männliche Element darstellen. In der Verschmelzung zweier solcher verschieden gestalteter Gameten hätten wir die Grundlage für die Entwicklung eines neuen *Aulacantha*-Individuums zu erblicken.²⁾ Die Richtigkeit dieser Annahme vorausgesetzt, bieten sich damit ganz ähnliche Verhältnisse dar, wie sie hinsichtlich des Eies und der Samenzelle bei den Vielzelligen bestehen, und wie sie uns auch aus den Reihen der Protozoen schon wohl bekannt sind. Eine Stütze für diese Deutung der Befunde erblicke ich vor allen Dingen in der Tatsache, daß bei *Aulacantha* die kleinere Gametenform, nach der Zahl der Kerne zu schließen, in viel reichlicherer Menge als die größere protoplasmareichere zur Ausbildung gelangt.

Gerade bei Radiolarien sind ja schon ganz entsprechende Beobachtungen von R. HERTWIG (1876) und besonders von BRANDT (1885, 1890, 1905) gemacht worden. Wir wissen, daß bei den coloniebildenden Arten, den Sphärozoöen, und ebenso bei Colliden, speziell bei *Thalassicolla*, sogar drei verschiedene Schwärmerformen zur

¹⁾ Nach BRANDT (1905, p. 253) entspringen bei den Schwärmern von *Thalassicolla* die beiden Geißeln „dicht am Kern“. Auch dort sind, wie ich feststellen konnte (vgl. Taf. XVII, Fig. 68), bei der Gametenbildung centrosomenartige Bildungen in den Kernen zu beobachten.

²⁾ Daß die Entwicklung einen anderen Verlauf nimmt, so daß vielleicht aus der einen der beiden Gametenarten agam, auf direktem Wege ohne das Dazwischentreten geschlechtlicher Vorgänge die junge *Aulacantha* entsteht, während bei der anderen Gametenform die Vereinigung zweier einander gleichender, aber von verschiedenen Individuen herstammender Fortpflanzungskörper (Homogamie) die Vorbedingung zur Weiterentwicklung bildet, dürfte nach allem wohl ziemlich ausgeschlossen erscheinen. Ich halte vielmehr die obige Annahme, daß die beiden Arten von Gameten als geschlechtlich differenzierte Paarlinge zueinander gehören (Heterogamie) für weitaus wahrscheinlicher. Der Umstand, daß die eine Gametenform fast ausschließlich aus Kernsubstanz besteht, läßt sie von vornherein für eine andere Art der Weiterentwicklung, vor allem aber zur Fortführung einer selbständigen Existenz, ungeeignet erscheinen und drückt ihr das Gepräge des in der Befruchtung des Macrogameten seine Lebensaufgabe erfüllenden Microgameten auf.

Ausbildung gelangen, daß hier außer den einander gleichenden Isogameten auch geschlechtlich differenzierte Anisogameten entstehen.¹⁾ Der Größenunterschied der letzteren beruht, wie BRANDT für die Sphärozoëen (l. c. p. 172) angibt, „hauptsächlich darauf, daß die Macrosporen sehr viel, die Microsporen sehr wenig Plasma enthalten“. Außerdem ist es eine charakteristische Eigentümlichkeit, die den Anisogameten der Sphärozoëen und denjenigen von *Thalassicolla* in gleicher Weise zukommt, daß die Kerne der Microgameten gröbere Körner und Fäden aus chromatischer Substanz enthalten als die Macrogametenkerne. Weiter wäre das Auftreten von Kristalloiden hervorzuheben, die allerdings ebensowohl bei Isogameten wie bei Anisogameten angetroffen werden. Auch für die Entstehung der geschlechtlich differenzierten Gameten in verschiedenen Individuen finden wir ein Analogon bei den Collosphäriden unter den koloniebildenden Radiolarien, während bei allen Sphärozoiden, ebenso wie bei *Thalassicolla*, im Gegensatz zu *Aulacantha* Macro- und Microgameten in demselben Tiere gebildet werden.

Die Vielkernbildung, die Art und Weise, wie die kleinen sekundären Kerne aus dem großen primären Kern entstehen, zeigt bei *Aulacantha* einen anderen Verlauf als bei den Thalassicollen, doch sind hier und da Anklänge bemerkbar. Bei *Thalassicolla* findet entweder (Isogametenbildung) unter Schwund der Kernmembran eine immer weitergehende Zerklüftung des primären Kernes an Ort und Stelle statt, wonach die so gebildeten kleinen Kerne zunächst die mittleren Partien der Centrakapsel einnehmen, um erst später nach weiteren Teilungen in die peripheren Schichten zu gelangen. Oder es bleibt (Bildung der Anisogameten) die Kernmembran erhalten und nach dem Austreten eines eigentümlichen bläschenförmigen Gebildes, das von einer Strahlung umgeben ist und das nur vor der Anisogametenbildung sichtbar wird, erscheinen in der Umgebung des primären Kernes Teilchen seiner Substanz, die durch die Poren seiner Mem-

¹⁾ Für die Annahme, daß auch bei *Aulacantha* möglicherweise noch eine andere Form von Gameten gebildet werde, spricht keine meiner Beobachtungen. Während BRANDT bei *Thalassicolla* eine Verschiedenheit der bei dem Zerfall des primären Kernes entstehenden kleinen Kerngebilde beobachtete — aus dem „Kernsaft“ sollen die Microgametenkerne, aus den „Nucleolen“ die Kerne der Macrogameten hervorgehen — zeigt bei *Aulacantha* die Entwicklung der Gametenkerne im gleichen Individuum stets einen vollkommen einheitlichen Verlauf. Auch in den spätesten, dem Ausschwärmen der Gameten zweifellos unmittelbar vorausgehenden Stadien sah ich keinerlei Unterschiede. Eine zweifache Art der Gametenbildung findet nach BRANDT's (1885) Untersuchungen wahrscheinlich auch bei *Acanthometriden* statt.

bran hindurch in das umgebende Protoplasma gelangten. Wie dies in gewissen Stadien bei *Aulacantha* offenbar geschieht, scheinen sich auch in diesem Falle aus den feinen Körnchen chromatischer Substanz, die sich durch das ganze intracapsulare Protoplasma verteilen, durch Verschmelzung einer Anzahl derselben kleine Kerne zu bilden. Diese treten in kleinen Gruppen, zu 2—4 durch das Endoplasma verstreut auf. Außer in der vorerwähnten Weise werden bei *Thalassicolla*-Arten aber auch noch fertige Kleinkerne im primären Kerne selbst gebildet — wie dies nach CALKINS (1907) auch bei *Amoeba proteus* geschehen soll — und gruppenweise in das umgebende Protoplasma ausgestoßen. Durch Teilung der Kerne vergrößern sich die anfangs nur kleinen Gruppen, werden schlauchförmig und rücken schließlich alle an die Peripherie der Centralkapsel, wo sie sich radiär anordnen. Die Teilung der Kerne erfolgt bei *Thalassicolla* ebenfalls auf mitotischem Wege. Ich kann die auf die Kernteilung bezügliche kurze Notiz BRANDT's nach eigenen Beobachtungen noch dahin ergänzen, daß ähnlich wie bei *Aulacantha*, an den Polen der Teilungsspindeln auch minimale centrosomenartige Körperchen nachzuweisen sind (vgl. Taf. XVII, Fig. 68). Übereinstimmung herrscht in beiden Fällen ebenfalls darin, daß der Zerfall des primären Kernes die Entstehung eines centralen Hohlraumes im Gefolge hat, der bei *Aulacantha* allerdings noch zur Zeit des Bestehens des primären Kernes oder doch seiner Reste auftritt, während bei *Thalassicolla* dieser Innenraum — wenigstens im Falle der Isogametenbildung — erst nach der völligen Auflösung des Primärkernes erscheint. Ob allein Ansammlung von Vacuolenflüssigkeit oder auch die Wirkung der Reagentien zur Entstehung dieser Erscheinung führt, möchte ich noch unentschieden lassen. Von Interesse ist endlich noch im Vergleich mit den Verhältnissen, wie sie bei *Aulacantha* bestehen, die Angabe BRANDT's, daß bei beiden Arten der Gametenbildung, weder bei den Sphärozoöen noch bei den Colliden „das ganze Protoplasma des Muttertieres zum Aufbau der Schwärmer verwendet“ wird. Das gesamte Extracapsularium wird hierbei nicht in Anspruch genommen, ja, selbst Teile des intracapsularen Protoplasmas werden zurückgelassen und bei der Anisogametenbildung sogar Reste des Kernes.¹⁾

¹⁾ Neuerdings hat SCHOUTEDEN (1907) eine kurze Mitteilung über die Sporenbildung bei *Thalassicolla* veröffentlicht, die den Angaben BRANDT's im wesentlichen zur Bestätigung dient. Über meine eigenen Untersuchungen an *Thalassicolla*, die es mir ermöglichen, die BRANDT'schen Angaben noch in einzelnen Punkten zu ergänzen, gedenke ich an anderer Stelle zu berichten.

Von anderen Radiolarien wurden, wie bekannt, noch die den *Thalassicollen* nahe stehenden *Oroscoenen* auf ihre Fortpflanzung untersucht. Diese großen, ebenfalls monozoen Formen, die durch den Besitz eines zusammenhängenden Kieselgehäuses ausgezeichnet sind, weisen nach den vorliegenden kurzen Mitteilungen V. HAECKER's (1907b) in mancher Beziehung recht abweichende Kernverhältnisse auf. Hier sollen aus dem primären Kern durch Teilung zunächst zwei Kerne entstehen, die HAECKER als Dauerkern und Geschlechtskern unterscheidet. Sie enthalten anfangs beide außer zahlreichen Chromatinknäueln je zwei nucleolusartige Bildungen in ihrem Innern, die durch ihre blasige Struktur stark an den bei der Auflösung des primären Kernes von *Aulacantha* vorübergehend in der Einzahl auftretenden Binnenkörper erinnern. Später sind derartige Gebilde nur noch in den Teilungsprodukten des Geschlechtskernes eine Zeitlang nachzuweisen, der sich schließlich in zahlreiche Kleinkerne mit Knäuelstruktur (Einzelknäuel) auflöst. Letztere stellen die Sporenmutterkerne dar, die den in die Mitte der Centralkapsel gerückten Dauerkern allseitig umgeben. Die Sporenmutterkerne teilen sich weiterhin ähnlich wie bei *Aulacantha* und *Thalassicolla* unter dem Bilde einer primitiven Mitose. Centrosomenartige Bildungen wurden jedoch, wie es scheint, nicht gefunden. So entstehen Nester von Kernen, vergleichbar denen, wie sie bei den in Anisogametenbildung begriffenen *Thalassicollen* angetroffen werden, doch wurden keine auf die Erzeugung zweier verschiedener Gametenarten hindeutende Beobachtungen gemacht, ebensowenig, wie die Bildung der Gameten selbst weiter verfolgt werden konnte. Da sich währenddessen an dem die Mitte der Centralkapsel einnehmenden Dauerkern die gleichen Veränderungen vollziehen sollen, wie sie an dem Primärkern vor seiner Teilung zu bemerken waren, so wäre zu schließen, daß das Individuum mehrmals den Prozeß der Sporenbildung erlebt.

Die die Teilung des primären Kernes vorbereitenden Vorgänge bestehen nach HAECKER darin, daß in dem mit einer großen Menge von „Einzelknäueln“ erfüllten Kern bläschenförmige Körper mit einer hufeisenförmigen Chromatinschleife in ihrem Innern auftreten. Sie entstehen durch Umwandlung der Einzelknäuel. Ich habe auf die große Ähnlichkeit dieser „Chromosomenbläschen“ mit den bei der Gametenbildung von *Aulacantha* auftretenden derartigen Bildungen bereits weiter oben hingewiesen. Während es sich im letzteren Falle jedoch um eine mit der Disintegration des primären Kernes in Beziehung stehende Erscheinung, um einen centrifugalen Vorgang handelt, sollen bei *Oroscoena* umgekehrt die Chromosomenbläschen, die den Kernraum

auch nicht verlassen, zu größeren Blasen verschmelzen. Im Innern derselben findet man je nach der Zahl der zusammengetretenen Bläschen mehr oder minder reichliche Chromatinschleifen, an denen gelegentlich eine Längsspaltung deutlich zu erkennen war. Gleichzeitig verdickt sich die Kernmembran. HAECKER sieht, wie gesagt, in diesen Vorgängen die Prophasen eines Teilungsprozesses, der zur Entstehung zweier differenter Kerngebilde, eines Geschlechts- und eines Dauerkernes führt.

Der hier gegebene kurze Überblick über das Verhalten des Kernes bei der Gametenbildung anderer monozoen Radiolarien zeigt daß in dieser Hinsicht bei den bisher untersuchten Arten nicht unerhebliche Unterschiede bestehen, ja, daß selbst bei einander nächststehenden Formen eine wesentliche Verschiedenheit zutage tritt.¹⁾

Bezüglich der bei *Aulacantha* bestehenden Verhältnisse bleibt, noch die Frage zu berühren, welche Bedeutung der Gametenbildung in der Gesamtheit der Fortpflanzungserscheinungen zukommt und in welcher Beziehung sie zu den anderen bei diesem Radiolar beobachteten Vermehrungsarten steht.

Während es sich bei den vorher besprochenen verschiedenen Teilungsprozessen um Fortpflanzungsvorgänge vegetativer Natur

¹⁾ Zu den HAECKER'schen Beobachtungen an *Oroslena* möchte ich jedoch noch bemerken, daß es mir nicht sicher zu stehen scheint, ob die Deutungen HAECKER's im einzelnen wirklich überall das Richtige treffen. So möchte ich die Frage aufwerfen, ob die Beziehungen zwischen Einzelknäueln und Chromosomenbläschen nicht vielleicht unter Annahme eines umgekehrten Entwicklungsganges in entgegengesetzter Richtung zu suchen wären, so daß nämlich nicht die kleinen Chromosomenbläschen zu großen mehrschleifigen verschmelzen, sondern im Gegenteil die großen Blasen in kleinere mit weniger Chromatinschleifen und diese weiter in solche mit einem einzelnen Chromosom zerfallen und daß aus den kleinen Bläschen dann die Einzelknäuel entstehen. Dieser Verlauf der Vorgänge würde mehr dem entsprechen, was bei *Aulacantha* beobachtet wurde. Hier treten die Chromosomenbläschen schon frühzeitig auf und sie sind es, die sich weiterhin in die Knäuel umwandeln, so daß das Stadium der Einzelknäuel nicht als ein früher, sondern vielmehr als ein später Zustand in dem ganzen Entwicklungsgange erscheint. Allerdings würde diese veränderte Auffassung der Vorgänge auch die Deutung anderer Erscheinungen nicht unberührt lassen, wie denn außerdem noch in Betracht zu ziehen ist, daß wahrscheinlich auch bei *Oroslena* die Fortpflanzung auf verschiedenem Wege vor sich gehen kann und möglicherweise nicht alle beobachteten Stadien dem gleichen Cyclus angehören. So läge wohl der Gedanke nahe, daß es sich bei dem Zerfall des Primärkernes in zwei Tochterkerne gerade wie bei den entsprechenden Erscheinungen bei Tripyleen und bei der nahe verwandten *Thalassicolla* nur um einen vegetativen Zweiteilungsprozeß handelt, doch wird man sich bei dieser Annahme andererseits auch die Unterschiede in den Skeletverhältnissen gegenwärtig halten müssen.

handelt, sehen wir mit der Erzeugung zweier differenter Gametenformen auch geschlechtliche Erscheinungen sich in den Entwicklungskreis unseres Objektes einfügen.

Aus der Gruppe der Radiolarien sind uns derartige Fälle ja seit langem bekannt und die neuere Forschung hat die Zahl der Beispiele durch Feststellung ähnlicher Verhältnisse in anderen Protozoenabteilungen erheblich vermehrt.

Gerade so wie bei *Thalassicolla* und den Sphärozoöen dürfen wir auf Grund der vorliegenden Befunde auch für *Aulacantha* ein Alternieren geschlechtlicher und ungeschlechtlicher Fortpflanzungsvorgänge, einen Generationswechsel annehmen, in welchem hier einerseits die verschiedenen Arten der einfachen Zweiteilung, andererseits die im Dienste der sexuellen Vermehrung stehende Gametenbildung miteinander verknüpft sind.

Leider liegen über das weitere Schicksal der Schwärmer nach ihrem Freiwerden und die Umwandlung derselben zum fertigen Tiere bisher für keine Radiolarienart Beobachtungen vor und auch hinsichtlich der individuellen Entwicklung des Tripyleenkörpers aus dem befruchteten Macrogameten lassen sich höchstens einige Vermutungen aussprechen.

In erster Linie wird man bei der Frage nach dem Aussehen der jugendlichen Zustände wohl an jene kleinen nackten oder doch eigener Skeletausscheidungen entbehrenden Tripyleen erinnern, wie sie uns zuerst durch HAECKEL bekannt geworden sind. Inwieweit wir zu der Annahme berechtigt sind, daß es sich bei diesen Formen um frühe Entwicklungsstadien anderer Tripyleenarten handelt, soll im nächsten Kapitel untersucht werden.

F. Haben wir in den Phaeodiniden und Caementelliden¹⁾ Jugendstadien skeletführender Tripyleenarten vor uns?

Während meines Aufenthaltes in Neapel hatte ich auch die Frage ins Auge gefaßt, wie wohl die jungen aus Gameten entstandenen Aulacanthen aussehen möchten und daher allem Beachtung zugewandt, was als Jugendstadium dieser Tripyleenform in Betracht

¹⁾ In den Protokollen der Plankton-Expedition fand ich unter der Bezeichnung „Caementarien“ die mit Fremdkörperskeleten versehenen Tripyleen vermerkt. Diese Formen würden im HAECKEL'schen System den Cannorrhaphiden zuzurechnen sein,

kommen konnte. Das Einzige der Art, was immer wieder die Aufmerksamkeit auf sich lenkte, waren minimale Tripyleen, die, eigener Skeletbildungen entbehrend, ihre Körperoberfläche mit kieseligen Fremdkörpern verschiedener Herkunft bedeckt hatten.

Ich habe früher (1891) bezüglich dieser Formen die Vermutung ausgesprochen, daß sie keine besonderen Arten darstellen, sondern nur Entwicklungszustände anderer skeletführender Tripyleen seien. Die gleiche Ansicht äußerte ich hinsichtlich der nackten HAECKEL'schen Phaeodiniden, für die HAECKEL übrigens schon selbst (1887) eine solche Möglichkeit hervorhob. Auch V. HAECKER (1907 a) rechnet mit dem Bestehen dieser Tatsache.

Wir werden im folgenden sehen, ob, oder in welchem Umfange, sich diese Ansicht aufrecht erhalten läßt.

Zu der Annahme, daß die erwähnten Formen Jugendzustände anderer Arten darstellen möchten, stand es in gutem Einklang, daß zur Zeit meiner Untersuchungen, als die Aulacanthien in großer Zahl auftraten, auch Caementelliden ganz besonders reichlich waren. Sie wären mir wohl noch häufiger zu Gesicht gekommen, wenn für den Fang Netze mit engeren Maschen verwandt und vielleicht auch, wenn etwas größere Tiefen befischt worden wären.

Eine ähnliche aber noch einfachere kleine Form, die mit HAECKEL's Phaeodiniden große Ähnlichkeit hat, fand ich in dem Material der Plankton-Expedition. Der quantitative Planktonzug Pl. 19 (Labradorstrom) enthielt in großer Zahl eine Tripylee von 0,08—0,09 mm Durchmesser, die auf Tafel XVII, Fig. 65 abgebildet ist.¹⁾ Wegen der geringen Größe des Objekts, und da alle meine Stücke in Canadabalsam eingeschlossen waren, mußte ich von der Herstellung von Schnittserien Abstand nehmen und mich auf die Untersuchung in toto beschränken.

Die Centrakapsel dieser Form enthält einen im Vergleich zu den meisten anderen Tripyleenarten kleinen abgeflachten Kern, der

die ein Skelet aus isolierten, tangential gelagerten oder durch das Extrakapsularium zerstreuten Kieselstücken besitzen. Im Falle, daß es wirklich Formen mit eigenen derartigen Skeletausscheidungen gibt, muß jedoch die HAECKEL'sche Bezeichnung für diese reserviert bleiben, während die mit kieseligen Fremdkörpern sich bedeckenden Formen anders zu benennen sein würden. Da die Bezeichnung *Caementaria* bereits früher von HAECKEL für eine andere Tiergruppe vergeben wurde, so möge für die hier in Frage stehenden Organismen der obige Name dienen.

¹⁾ Fig. 64 zeigt ein paar Exemplare bei derselben Vergrößerung, wie sie auf Taf. XIII, Fig. 24 u. Taf. XVI, Fig. 49 für ganze *Aulacantha*-Individuen zur Verwendung gelangte. Der erhebliche Größenunterschied tritt deutlich zutage.

stark excentrisch gelegen, von der aboralen Wandung nur durch eine dünne Plasmaschicht getrennt ist. Der übrige Innenraum der Centralkapsel war meist dicht mit gelblich grünen Phaeodellen erfüllt, die kaum noch Platz zwischen sich für die Massen des Endoplasmas ließen. Gelegentlich fand ich auch Exemplare mit nur ganz wenigen großen Phaeodellen im Innern der Centralkapsel. Alsdann konnte man erkennen, daß das Endoplasma von relativ wenigen großen Vacuolen durchsetzt war. Das Extracapsularium enthielt ebenfalls stets mehr oder minder reichliche Mengen von Phaeodium, die die ausgesprochen einseitige Lagerung, wie sie sonst für diesen Bestandteil des Tripyleenkörpers charakteristisch ist, meistens vermissen ließen. Kieselige Einlagerungen waren vorhanden, jedoch oft so spärlich, daß man sie bei ihrer Feinheit leicht übersehen konnte. In anderen Fällen war die Zahl der Kieselteilchen etwas größer; immer aber waren es nur ganz dünne Stäbchen resp. Fadenenden von verschiedener Länge, zu denen sich hin und wieder kleine Diatomeenpanzer oder Bruchstückchen solcher gesellten. Als weiteren Bestandteil konnte man fast stets eine gerälte Membran nachweisen.

Ein einziges Mal beobachtete ich auch ein Teilungsstadium; ich habe es in Fig. 66 wiedergegeben. Die Centralkapsel ist stark gestreckt und im mittleren Teil ein wenig eingeschnürt. Der Kern ist bereits in zwei Hälften zerfallen, die weit auseinander gerückt sind. Anzeichen, die die Feststellung der Teilungsart ermöglicht hätten, waren an ihnen nicht mehr zu erkennen. Das zwischen den Tochterkernen gelegene Endoplasma ist auch in diesem Falle dicht mit Phaeodellen erfüllt. Eine umfangreiche Masse von Phaeodium liegt im Extracapsularium, der Centralkapsel einseitig angelagert.

Der ganze Bau dieser Form, an deren Centralkapsel ich von Öffnungen nichts erkennen konnte, zeigt besonders einfache Verhältnisse, wie auch bisher keine Tripyleenart von ähnlich geringer Größe bekannt geworden ist.

Was die bei Neapel beobachteten Caementelliden betrifft, so boten sie das Bild kleiner rundlicher oder eckiger Protoplasma-klümpchen, die an ihrer Oberfläche meist mit Dictyochengehäusen, gelegentlich außerdem auch noch mit Diatomeenpanzern oder anderen kieseligen Fremdkörpern bedeckt waren. Die Dictyochen sind stets so gelagert, daß die Wölbung des Hütchens nach außen gerichtet ist. Die kleinsten Exemplare, die nur drei oder vier Dictyochenpanzer trugen, hatten noch nicht einmal die Größe der vorerwähnten Tripyleenform aus dem Labradorstrom, es wurden aber auch wesentlich größere Individuen beobachtet. In Fig. 57 habe ich zwei mittel-

große Exemplare in der für die Totalabbildungen von *Aulacantha* angewandten Vergrößerung dargestellt.

Ich beschränkte mich damals im Drange der Arbeiten darauf, ein paar größere Stücke zu schneiden und von den übrigen kleinen Exemplaren eine Anzahl zu weiterer Untersuchung in Canadabalsam einzuschließen. Ich würde heute insofern anders verfahren, als ich Glycerin als Einschlußmittel wählen würde, um so dem für die Untersuchung des Weichkörpers störenden Einfluß der Kieselbildungen zu begegnen. In den Balsampräparaten hatten sich überall die feinen Hohlräume der Kieselstücke mit Gasen des Lösungsmittels gefüllt, so daß die äußere Hülle eine mehr oder minder undurchsichtige Schicht um den protoplasmatischen Inhalt bildete.

Bei den geschnittenen Tierchen ließ sich der Weichkörper, der mit seiner Centralkapsel und seinen Phaeodiummassen die allgemeinen Organisationsverhältnisse des Tripyleenleibes aufweist, genauer untersuchen. An der Centralkapsel ist eine Astropyle stets gut zu erkennen. Hinsichtlich der Nebenöffnungen scheinen Unterschiede zu bestehen; ich habe Parapylen an keinem der kleineren Exemplare nachweisen können. Der von dem vacuolisierten Endoplasma umgebene Kern zeigte bald eine ähnliche Struktur wie sie für den ruhenden *Aulacantha*-Kern charakteristisch ist, indem das Chromatin sich in derben radiären Strängen angehäuft fand (Taf. XVII, Fig. 58), bald war die chromatische Substanz in kleinen zackigen Massen (Fig. 60) oder noch kleineren, dicht gelagerten Kügelchen vereinigt. Im letzteren Falle (Fig. 61) hatte der Kern des betreffenden Individuums außerdem noch ein vacuolisiertes Aussehen. Bei einem Kern, bei dem ich das Chromatin in unregelmäßigen, durch feine Ausläufer miteinander verbundenen Brocken angehäuft sah, so daß eine Art von Maschenwerk mit dickeren Knotenpunkten gebildet wurde, war eine in das Innere sich einsenkende Einstülpung vorhanden, wie ich sie sonst nie beobachtet habe (Fig. 59). Da ich kein Anzeichen dafür bemerkte, daß es sich um ein Kunstprodukt handelte, wollte ich diesen Kernzustand doch nicht ganz unerwähnt lassen.

Zu den eben angeführten Beobachtungen, die schon darauf hindeuten, daß der Kern dieser Organismen sich nicht immer in dem gleichen Stadium eines Ruhezustandes befindet, kommt noch eine weitere, in unserer Frage schwerer wiegende hinzu: Eines meiner geschnittenen Exemplare, das sich durch beträchtliche Größe und durch den Besitz zweier gut erkennbarer Nebenöffnungen auszeichnete, entbehrte des großen primären Kernes in seiner Centralkapsel und wies statt dessen eine Menge kleinerer Kerne auf, die

das Endoplasma erfüllen. Ich habe auf Tafel XVII, Fig. 62 einen medianen Längsschnitt durch die betreffende Centralkapsel zur Darstellung gebracht.

Eine genauere Untersuchung zeigte, daß sämtliche Kleinkerne in Teilung begriffen waren. Diese Dinge sind aus Fig. 63 ersichtlich, die einen Teil aus einem der Schnitte bei stärkerer Vergrößerung wiedergibt. Die Teilungsvorgänge, die sich unter dem Bilde einer primitiven Mitose abspielen, sind ganz ähnliche wie bei *Aulacantha* und *Thalassicolla* (vgl. hierzu Taf. XV, Fig. 47 u. 48, Taf. XVII, Fig. 68). Die Zahl der Chromosomen ist auch im vorliegenden Falle wieder relativ gering, sie mag höchstens 10—12 betragen. Wo in der Zeichnung weniger Chromosomen zu finden sind, handelt es sich augenscheinlich nur um angeschnittene Kerne. Die Chromatinfäden ließen unter günstigen Verhältnissen eine deutliche Zusammensetzung aus perlschnurartig aneinander gereihten Chromatinkügelchen erkennen. Eine Längsspaltung der Chromosomen findet nicht statt. Das ganze Kerngebilde streckt sich bei der Teilung in die Länge und die Chromosomen erfahren im Äquator der Teilungsfigur eine Durchschneidung quer zur Längsrichtung, wobei dann in ähnlicher Weise wie LAUTERBORN (1895) es für *Ceratium hirundinella* oder VAHLKAMPF (l. c.) bei *Amoeba limax* beschreibt, die Tochterkerne von jedem Faden eine der Hälften erhalten. Nicht selten beobachtet man eine Krümmung oder Knickung der Spindel, so daß die Achsen der Tochterkerne im Winkel gegen einander geneigt sind. Ob auch centrosomenartige Körperchen an den Polen der Teilungsfiguren lagen, kann ich nicht mit Bestimmtheit sagen. Die dicht gelagerten, in meinem Präparat durch Eisenhämatoxylin tiefschwarz gefärbten Chromatinfäden ließen nirgend eine sichere Entscheidung der Frage zu. Ich möchte nach meinen Erfahrungen an den oben genannten anderen Radiolarienformen aber annehmen, daß sie auch bei den Caementelliden nicht fehlen.

Das beobachtete Stadium entspricht in allem Wesentlichen dem Zustande, wie wir ihn auch bei *Aulacantha* nach Auflösung des Primärkernes angetroffen haben und es kann keinem Zweifel unterliegen, daß es sich gerade wie dort, so auch hier um Vorgänge handelt, die mit der Gametenbildung im Zusammenhange stehen. Auf die nahe bevorstehende Auflösung der Centralkapsel deutete bei unserer Caementellide auch die auffallende Feinheit der sonst recht derben Membran der Centralkapsel hin.

Es ist noch von Interesse, zu sehen, was an weiteren Beobachtungen über Fortpflanzungserscheinungen bei ähnlichen Tierformen

vorzubringen ist. Hier möchte ich zunächst eines Fundes Erwähnung tun, der dem Material der Plankton-Expedition entstammt.

In dem quantitativen Fang Pl. 29 aus dem Floridastrom fand ich eine kleine Tripylee, die ich auf Taf. XVII, Fig. 67 abgebildet habe. Sie enthält in ihrem unregelmäßig begrenzten Extracapsularium außer der großen Centralkapsel und zahlreichen grünlichen und braun gefärbten Phaeodellen, Kieseleinlagerungen verschiedener Gestalt: röhrenförmige Stacheln, wie sie die *Aulacanth* besitzen, feine Fädchen und Stäbchen, deren Herkunft nicht sicher zu ermitteln ist, Bruchstücke von Diatomeenpanzern sowie kleinere Radiolarienskelette und Fragmente von solchen.

In der Centralkapsel erkennt man deutlich drei große runde Kerne. Sie liegen so angeordnet, daß der eine Kern in den oberflächlichen Zwischenraum der beiden anderen eingesenkt erscheint. Wir haben hier also einen Zustand vor uns, wie er in ganz ähnlicher Ausbildung auch bei *Aulacantha* zur Beobachtung gelangte, und wie dort haben wir es auch im vorliegenden Falle offenbar mit einer auf direktem Wege erfolgten Dreiteilung des primären Kernes zu tun.

Teilungszustände wurden außerdem auch schon von HAECKEL (1887) bei seinen Phaeodiniden und Cannorrhaphiden festgestellt. Auf Taf. 101, Fig. 2 des Berichtes über die Radiolarien des „Challenger“ gibt HAECKEL die Abbildung einer in Durchschnürung begriffenen zweikernigen Centralkapsel seiner *Phaeodina tripylea*. Eine andere Figur derselben Tafel (Fig. 3) stellt ein Exemplar von *Cannorrhaphis spinulosa* HAECKEL dar mit zwei synchron sich teilenden Centralkapseln. Ebenso bildet der genannte Forscher an anderem Orte (1862; Taf. III, Fig. 10) ein Individuum von *Cannobelos cavispicula* (HAECKEL) mit zwei getrennten Centralkapseln ab.¹⁾ Auch bezüglich der mit Dictyochidenpanzern bedeckten Formen bemerkt er (1887, p. 1550), daß er gelegentlich Tiere mit durchgeteilter Centralkapsel gesehen habe und daß die von ihm unter dem Gattungsnamen *Catinulus* zusammengefaßten Organismen regelmäßig sogar vier Centralkapseln aufgewiesen hätten (l. c. Taf. 117, Fig. 8).

Aus dem Gesagten geht hervor, daß Erscheinungen der Teilung

¹⁾ Bei *Cannobelos cavispicula* liegt nach den Befunden JÖRGENSEN's, wie ich schon an anderem Orte (1901 p. 3) hervorhob, guter Grund zu der Annahme vor, daß die Kieselnadeln auch dieser Tierform nichts weiter als von außen aufgenommene Fremdkörper sind. Für gewisse Arten der Gattung *Cannorrhaphis* möchte ich dasselbe vermuten.

bei den in Rede stehenden Formen weit verbreitet sind, daß außerdem aber auch Gametenbildung vorkommt.

Es ist schwer, diesen Tatsachen gegenüber die Ansicht aufrecht zu erhalten, daß in den Caementelliden und Phaeodiniden allgemein Jugendstadien anderer Tripyleenarten vorliegen. Denn, wenn wir auch dort, wo nur eine einfache Teilung beobachtet wurde, an Entwicklungsstadien dicystiner¹⁾ Arten denken können, die vielleicht erst nach Zerfall der ursprünglich in der Einzahl vorhandenen Centralkapsel in zwei Tochterkapseln ihr definitives Skelet ausbilden, so deutet doch das Vorkommen von Zuständen, mit zwei sich abermals zur Halbierung anschickenden oder gar bereits geteilten Tochterkapseln mit viel größerer Wahrscheinlichkeit auf die Selbständigkeit der betreffenden Tierformen hin. Noch zwingender weist in dieser Richtung, nämlich, daß wir es mit erwachsenen Zuständen zu tun haben, die beobachtete Erscheinung der Gametenbildung.

Allerdings wäre auch wohl noch die Möglichkeit in Betracht zu ziehen, daß die im Vorstehenden als Phaeodiniden und Caementelliden zusammengefaßten Formen überhaupt nicht einheitlicher Natur sind, daß sich unter ihnen einerseits besondere Arten befinden, die während ihres Lebens nie in den Besitz eigener Skeletausscheidungen gelangen, daß es andererseits aber auch ganz ähnlich gebaute Organismen gibt, die nur Jugendstadien anderer Arten darstellen.²⁾ Diese letzteren würden bei ihrer Umwandlung in den erwachsenen Zustand der betreffenden Tripyleenform die aufgenommenen kieseligen Fremdkörper, soweit sie solche besitzen, abwerfen oder auch zum Aufbau des eigenen Skeletes verwerten. Wir hätten in diesem Falle die Erscheinung vor uns, daß sich in den Lebenscyclus einer höher differenzierten Art das Stadium einer einfacher organisierten als früheste Entwicklungsstufe einfügte.

Ich sage nur, daß diese Möglichkeit besteht, will aber auch gleich hinzufügen, daß es mir heute sehr fraglich erscheint, ob ein Aufbau des Tripyleenskeletes aus der gelösten Substanz aufgenommener Kieselstückchen stattfinden kann. Ich halte es nämlich

¹⁾ Vgl. hierzu Kapitel H.

²⁾ Daß die jungen, aus Gameten sich entwickelnden Tripyleen einen phaeodinidenartigen Zustand zu durchlaufen haben, der erst dann ein Ende finden wird, wenn das Tier weit genug herangewachsen ist, um mit der Ausscheidung eigener Skeletbildungen zu beginnen, dürfte wohl wahrscheinlich sein, ebenso, daß Ähnliches auch bei den durch Teilung entstehenden Sprößlingen derjenigen Arten der Fall ist, die eine feste unteilbare Schale besitzen. Im letzteren Falle wird allerdings die Periode, in der das junge Tier jeder Skeletausscheidungen entbehrt, wegen der höheren Entwicklungsstufe der Teilsprößlinge unter Umständen recht kurz sein.

für unwahrscheinlich, daß der Körper der Tripleen imstande ist, feste Kieselsäure in Lösung zu bringen, mag es sich nun um eigene Ausscheidungen oder um von außen stammende Einlagerungen handeln.¹⁾ Nie fand ich bei den beobachteten Caementelliden die den Körper bedeckenden Dictyochengehäuse, Diatomeenpanzer, Radiarienskelete, oder was sonst an kieseligen Gebilden aufgenommen war, oberflächlich corrodirt oder mit anderen Anzeichen der beginnenden Zerstörung. Ich habe früher (1903, p. 758) außerdem einmal berichtet, daß ich bei einer zu den *Spumellaria* (Familie der *Astrosphaeridae*) gehörenden Radiolarie, *Spongodrymus*, Dictyochengehäuse direkt in das Skelet eingebaut fand. Obgleich die hütchenartigen Gebilde in ihrer Form für den Zweck gar nicht einmal sonderlich geeignet erschienen, hatte eine Auflösung aber auch hier nicht stattgefunden. Ein anderes Beispiel liefert uns unter den Tripleen die von IMMERMAN (1903) aufgestellte Gattung *Aulokleptes*, deren Arten als Grundlage für den Bau ihrer Radialstacheln resp. als Tangentialnadeln die kieseligen Hüllen verschiedener Diatomeen verwenden. V. HAECKER (1905, p. 372) stellte die Aufnahme von Fremdkörpern und Einverleibung derselben in das eigene Skelet weiter noch bei *Aulographis pandora* HAECKEL und *Auloceros arborescens* HAECKEL fest, deren erstere vielfach unter den eigenen Radialstacheln solche von *Aulacantha scolymantha* enthielt, während bei der anderen Art oftmals Stacheln der verschiedensten Aulacanthiden und außerdem auch Gehäuse von *Rhizosolenia* angetroffen wurden.

In naher Beziehung zu dem berührten Gegenstande steht auch die Frage, ob die Verschiedenheit der verwendeten Fremdkörper bei den Caementelliden mit einer Artverschiedenheit im Zusammenhange steht, ganz abgesehen davon, ob es sich bei diesen Formen nun um erwachsene Zustände oder nur um Jugendstadien handelt.

Wenn man sieht, wie wechselnd das Aussehen dieser Organismen je nach den aufgenommenen Kieselgebilden ist, so liegt die Annahme nahe, daß man es mit einzelnen Arten zu tun hat, die hinsichtlich der Wahl der Fremdkörper ein verschiedenes Verhalten zeigen, in

¹⁾ Die den Foraminiferen zukommende Fähigkeit, Teile ihrer Schale wieder einschmelzen zu können, fehlt augenscheinlich den Radiolarien allgemein. Zwar findet man beispielsweise unter den koloniebildenden Formen bei *Collosphaera* gelegentlich in die Länge gestreckte und bisquitartig in der Mitte eingeschnürte Gitterschalen, die wohl den Eindruck erwecken könnten, als ob sie in Teilung begriffen wären, doch hebt schon HAECKEL (1862) hervor, daß es sich in solchen Fällen nicht um Teilungszustände handle, vielmehr seien es Doppelschalen, die um zwei nahe zusammenliegende Nester gleich in dieser Form zur Ausbildung gelangt seien.

der Weise, daß die eine Form mehr dieses, die andere mehr jenes Material bevorzugt. So finden wir bald den Körper mit großen *Coscinodiscus*-Schalen gepanzert, so daß er kantig, fast würfelförmig erscheint, ein anderes Mal besteht die Hülle des rundlichen oder kugeligen Tieres fast nur aus den Hütchen einer *Dictyocha*-Art oder letztere sind zusammen mit mehr oder minder reichlichen Diatomeengehäusen verschiedener Form verwendet worden. Dann wiederum beobachtet man Exemplare, deren Oberfläche in der Hauptsache mit stäbchen-, faden- oder nadelartigen Kieselgebilden bedeckt ist. Auch hierbei handelt es sich vielfach um aufgenommene Diatomeenpanzer, oft aber auch um Bildungen tierischen Ursprungs, deren Herkunft jedoch meist nicht sicher zu ermitteln ist. Noch wieder in anderen Fällen besitzen die Tierchen eine Hülle aus dicht zusammengefügt Skeleten kleiner Radiolarienformen aus verschiedenen Familien, wozu dann auch die vorerwähnten Materialien in wechselnder Menge hinzukommen können.

IMMERMANN gibt an, daß die Arten der Gattung *Aulokleptes* für den Aufbau ihrer Skelettbildungen „keine Auswahl bei der Aneignung der Fremdkörper“ treffen und daß „die Angehörigen von durchaus verschiedenen Diatomeenfamilien auf dem gleichen Weichkörper“ gefunden wurden. Ich glaube, daß auch bei den Caementelliden von einer Wahl der Kieselgebilde nicht wohl die Rede sein kann. Diese Formen werden naturgemäß hinsichtlich ihrer Einlagerungen immer von den Bedingungen abhängig sein, wie sie das betreffende Meeresgebiet oder die Schicht, in der sie leben, ihnen gerade gewährt. So werden denn, je nach den örtlichen Verhältnissen, in dem einen Falle hauptsächlich Dictyochidengehäuse, in einem andern in erster Linie Diatomeenpanzer, Radiolarienskelete oder was sonst an der Stelle von geeigneten kieselschaligen Organismen zur Zeit vorkommt, zum Aufbau der Hüllbildungen Verwendung finden. Danach würde die Natur und Herkunft der kieseligen Einlagerungen für eine Artunterscheidung allein nicht maßgebend sein können.¹⁾

Und doch sind gewisse andere Unterschiede vorhanden, in denen wohl zum mindesten eine Verschiedenheit der Artzugehörigkeit zum Ausdruck kommt, das ist, abgesehen von der bestehenden erheblichen Differenz in der Größe der Tiere, vor allem die wechselnde Ausbildung der Kapselöffnungen. Nicht nur ist es nach den vor-

¹⁾ Es sei hierzu bemerkt, daß ich neuerdings eine Atlanticellide beobachtet habe, bei der die Oberfläche der Centralkapsel mit Dictyochengehäusen bedeckt ist, so daß die im übrigen ganz abweichend gebaute Form auf den ersten Blick einer Caementellide zum Verwechseln ähnlich sieht.

liegenden Untersuchungen mehr als wahrscheinlich, daß bald die Parapylen ganz fehlen, bald dagegen diese Gebilde in der gewöhnlichen Zweizahl entwickelt sind, auch bezüglich der Gestalt der Hauptöffnung bieten sich uns wechselnde Verhältnisse dar. So zeigt uns beispielsweise die Fig. 62 eine Astropyle von flacher, uhrglasähnlicher Form, während wir in Fig. 60 eine Hauptöffnung von hoher, kegelförmiger Gestalt vor uns sehen.

Es bedarf, wie die obigen Ausführungen erkennen lassen, noch weiterer Untersuchungen an einem größeren Material, als es mir gegenwärtig zur Verfügung steht, um in den verschiedenen sich hier darbietenden Fragen völlige Klarheit zu schaffen.

G. Beobachtungen über die Fortpflanzungsverhältnisse in anderen Tripyleenfamilien.

Die an *Aulacantha* gewonnenen Kenntnisse setzen uns in den Stand, auch hier und da bei anderen Tripyleenformen, bei denen nur vereinzelte, nicht zusammenhängende Entwicklungsstadien beobachtet wurden, doch einen Einblick in die Fortpflanzungsverhältnisse zu gewinnen.

Ich werde im folgenden dasjenige zusammenstellen, was Untersuchungen auf diesem Gebiete neu ergeben haben und was sich aus einigen in der Literatur vorliegenden Abbildungen in Teilung begriffener Centralkapseln von Formen aus verschiedenen Familien bezüglich der Art der Kernvermehrung schließen läßt.

Von den nackten Phaeodiniden und ebenso den mit einem Fremdkörperskelet ausgestatteten Caementelliden sowie den Cannorrhaphiden kann an dieser Stelle abgesehen werden, sie haben im vorigen Kapitel bereits Berücksichtigung gefunden.

Am besten orientiert sind wir über die Castanelliden. Die von Herrn Dr. W. J. SCHMIDT hier in Bonn an dem Material der Plankton-Expedition vorgenommenen Untersuchungen, von denen schon weiter oben die Rede war¹⁾, ergaben, daß bei den Castanelliden neben der mitotischen Kernteilung, wie sie durch V. HAECKER's Beobachtung des Tochterplattenstadiums kürzlich schon für *Castanidium variabile* festgestellt wurde (1906 b, p. 62; 1907 c, p. 6 u. 7,

¹⁾ Vgl. Seite 168.

Fig. 1a u. 1b) auch Zweiteilung mit direkter Kernvermehrung, sowie ferner Fortpflanzung durch Gametenbildung vorkommt.

Von mitotischen Teilungszuständen fand Herr Dr. SCHMIDT das Stadium der Äquatorialplatte, außerdem wurden ein paar Individuen mit in Rekonstruktion begriffenen Tochterkernen angetroffen. Wie in dem von V. HAECKER beobachteten Falle waren jedesmal zwei Centralkapseln vorhanden, die sich in synchroner Teilung befanden. Ferner wurden auch aus der Reihe der vorbereitenden Phasen verschiedene Entwicklungszustände beobachtet.

Von einem Eingehen auf Einzelheiten darf ich mit Rücksicht auf die bald erscheinende ausführlichere Arbeit absehen; an dieser Stelle sei nur erwähnt, daß die Äquatorialplatte völlig den gleichen Bau wie bei *Aulacantha* aufweist und daß die späteren Teilungszustände der Centralkapsel ebenfalls im wesentlichen dasselbe Bild wie dort darbieten. Über das Stadium der Tochterplatten sind wir durch die Angaben V. HAECKER's (l. c.) unterrichtet; sie lassen für diese Entwicklungsphase nicht minder weitgehende Übereinstimmung mit den bei *Aulacantha* festgestellten Strukturverhältnissen erkennen. Auch hinsichtlich der Menge der Chromosomen, deren Zahl V. HAECKER bei *Castanidium* im Tochterplattenstadium auf 1500—1600 bestimmte¹⁾, besteht Ähnlichkeit. Von besonderem Interesse ist noch die Tatsache, daß die Untersuchungen von SCHMIDT und HAECKER für die Castanelliden gleichfalls das Vorhandensein einer doppelten Spaltung der Chromosomen sehr wahrscheinlich machen.

Wie bei *Aulacantha* vollzieht sich bei den Castanelliden die direkte Kernteilung unter Auftreten eines den Kern in zwei Hälften zerlegenden Spaltes, und wie dort erfolgt die Halbierung der Centralkapsel unter voraufgehender Entstehung einer die Membran in der Ebene des Kernspaltes durchschneidenden Rille. Ebenso konnte auch hier das sofortige Eintreten der soeben amitotisch entstandenen Tochterkerne in die Prophasen der nächsten auf mitotischem Wege erfolgenden Teilung beobachtet werden.

Von der Gametenbildung wurde leider nur ein einziges weit fortgeschrittenes Stadium gefunden. Es zeigt den Hohlraum des Skeletes mit zahlreichen kleinen vielkernigen Kügelchen erfüllt, deren Zwischenräume durch Protoplasmareste eingenommen werden; das Phaeodium fehlt. Der betreffende Entwicklungszustand entspricht

¹⁾ Auf die große Schwierigkeit einer nur annähernd genauen Bestimmung der Chromosomenzahl habe ich schon früher (Teil I, p. 242) hingewiesen. Auch andere Umstände, auf die ich noch zu sprechen kommen werde, sind bei der Würdigung der bei diesen Objekten gefundenen Zahlenwerte in Betracht zu ziehen.

also vollkommen der schon in der ersten Mitteilung von mir beschriebenen späteren Phase während der Gametenbildung, die dem Freiwerden der Schwärmer nahe voraufgeht. Sollte meine Deutung der Befunde bei *Aulacantha* richtig sein, so dürfte es sich auch bei dem in Rede stehenden Stadium von *Castanidium* um die Bildung von Macrogameten handeln.

Für alle anderen Tripyleenfamilien liegen nur vereinzelte Funde von Fortpflanzungszuständen vor.

Aus der Familie der Aulacanthiden sind verwertbare Beobachtungen über Teilungsstadien auch noch von *Aulokleptes* bekannt geworden. Die von V. HAECKER (1907 b, Fig. 2) gegebene Abbildung eines *Aulokleptes ramosus* IMMERMAN mit vier Centralkapseln, von denen zwei in Teilung begriffen sind, läßt keinen Zweifel darüber bestehen, daß bei den mit zwei Kernen dargestellten Centralkapseln amitotische Teilung des Kernes stattgefunden hatte.¹⁾

Über die Fortpflanzung der Sagosphäriden fehlen bisher alle Angaben.

Bezüglich der Aulosphäriden sind wir nicht wesentlich günstiger gestellt. Nach einer Abbildung R. HERTWIG's (1879, Taf. X, Fig. 2), die eine sich zur Teilung vorbereitende Centralkapsel von *Aulosphaera elegantissima* H. (oder *cruciata* H.) wiedergibt, ist auch für diese Formen das Vorkommen direkter Kernvermehrung anzunehmen.

Für die Cannosphäriden kann ich angeben, daß bei ihnen mitotische Kernteilung angetroffen wird. Während meiner Untersuchungen in Neapel beobachtete ich einmal die innere Skeletkugel einer Cannosphäridenart, wahrscheinlich *Coelacantha anchorata* R. HERTWIG, deren Centralkapsel in Durchschnürung begriffen war. Die jungen Tochterkerne befanden sich in Rekonstruktion und hatten die uns von *Aulacantha* her bekannte tiefe Schüsselform angenommen. Das Stadium entsprach dem im Teil I, Textfigur W dargestellten Entwicklungszustande. — Daß bei den hierher gehörenden Formen aber außerdem auch noch direkte Kernteilung vorkommt, möchte ich aus einer bei R. HERTWIG (1879, Taf. IX, Fig. 2) sich findenden Abbildung einer zweikernigen *Coelacantha anchorata* schließen, bei der die Tochterkerne durch einen ziemlich schmalen, parallelrandigen Spalt von einander getrennt sind und die Centralkapsel keinerlei Einschnürung an der aboralen Seite erkennen läßt.

Bei den Challengeriden konnte ich das Vorkommen von

¹⁾ Vgl. hierzu weiter oben, Kapitel D, Absatz f.

Zweiteilung unter amitotischer Kernvermehrung mit Sicherheit nachweisen. Mehrfach sah ich das charakteristische Anfangsstadium mit dem den Kern halbierenden schmalen scharfen Spalt. Außerdem fand ich auch noch einen Fall von Dreiteilung. E. HAECKEL (1887) sowohl wie V. HAECKER (1906a) geben nur an, daß sie zweikernige Individuen und außerdem solche mit zwei getrennten Centralkapseln beobachteten. V. HAECKER's Abbildung eines *Challengeron armatum* BORBERT (l. c. Taf. XI, Fig. 1) läßt jedoch auch die unzweifelhaften Anzeichen direkter Kernhalbierung erkennen.

Unter den Medusettiden fand ich (1906) amitotische Zweiteilung des Kernes bei *Euphysetta* und *Gazelletta*. Mitotische Kernvermehrung wird auch bei diesen Formen wahrscheinlich vorkommen. Das von V. HAECKER (1906d) beschriebene Exemplar von *Planktonetta atlantica* BORBERT mit drei Centralkapseln, von denen die eine innerhalb der Schale befindliche einen ruhenden Kern aufwies, während die beiden anderen außerhalb im Phäodium gelegenen Kapseln Kerne in den Telophasen zeigten, mag vielleicht als Beispiel dienen können, doch erscheint mir zurzeit die Zusammengehörigkeit der erwähnten Teile noch nicht genügend sicher gestellt.

Von Fortpflanzungszuständen bei Circoporiden ist mir unter meinem Material nur ein Exemplar zu Gesicht gekommen, das in seiner Centralkapsel zwei augenscheinlich durch direkte Teilung entstandene Kerne enthält. Das Stück ist leider nicht näher zu bestimmen, da von der Schale nur Bruchteile vorliegen; es scheint sich um eine *Circoporus*-Art zu handeln. In der Literatur finden sich bisher keine Angaben, die weitere Aufschlüsse in der vorliegenden Frage geben könnten.

Von der Fortpflanzung der Tuscaroriden wissen wir bis jetzt auch nur sehr wenig. HAECKEL erwähnt, daß er in einem Falle bei *Tuscarusa* (*Tuscarora*) *belknapi* zwei Kerne innerhalb der Centralkapsel sah und daß von J. MURRAY (1885, Taf. A, Fig. 15) bei der gleichen Form zwei getrennte Centralkapseln beobachtet worden seien. Durch das regelmäßige Vorhandensein je zweier Centralkapseln, eine Eigentümlichkeit, die noch weiter unten zu besprechen sein wird, waren sämtliche mir aus dem Material der Plankton-Expedition vorliegenden Tuscaroriden ausgezeichnet. Ebenso fand V. HAECKER (1904) bei den Tuscaroriden der „Valdivia“ die Centralkapseln gewöhnlich in der Zweizahl vor, ein einzelnes Stück enthielt deren vier.

Die bisherigen Befunde deuten nun zwar darauf hin, daß Zweiteilung auch bei diesen Formen stattfindet. Die völlig abweichenden

Verhältnisse, wie sie hier bezüglich des feineren Baues und bei den von mir untersuchten Stücken auch schon hinsichtlich der Gestalt des Kernes bestehen, lassen aber keinerlei Vorstellung über den Prozeß der Teilung zu. In meiner Tuscaroriden-Arbeit (1905) führte ich bereits aus, daß bei meinen Exemplaren der Kern „eine merkwürdige, etwa 8-förmige Gestalt“ aufweist. Das Chromatin zeigt sich „in einem dicken Strang angehäuft“, der „zwei Ösen oder Schleifen bildet“ und der in eine weniger stark färbbare Grundsubstanz eingebettet ist (l. c. Textfig. A). Gegen die früher von mir geäußerte Ansicht, daß es sich bei diesen Kernformen um Teilungsstadien handle, würde, wie ich heute urteile, wohl die Häufigkeit des Zustandes, die bei Tripyleen etwas ganz Ungewohntes wäre, ins Gewicht fallen. Ohnedies bleibt bei den genannten Formen ja noch so manche interessante Frage weiteren Untersuchungen zur Lösung übrig.

Teilungszustände von *Conchariden* wurden bereits von HAECKEL (1887) beobachtet und über meine eigenen Funde berichtete ich schon an anderem Orte (1907). Bezüglich der Vorgänge bei der Kernvermehrung kann ich jedoch keine genaueren Angaben machen, da das mir vorliegende Material nicht gut genug erhalten war.

Ebenso läßt sich gegenwärtig nichts näheres über diese Verhältnisse bei den *Coelodendriden* (und *Coelographiden*) sagen.

Es verbleiben nunmehr noch einzelne kleinere Familien: die *Cadiiden*, *Porospathiden*, *Atlanticelliden* und *Astracanthiden*. Für sie alle fehlen bis heute jegliche Beobachtungen von Fortpflanzungsstadien.

Ich möchte hier auch noch kurz auf das Verhalten der Skelettbildungen bei der Fortpflanzung eingehen. In dieser Beziehung liegen die Dinge bei den einzelnen Familien ziemlich verschieden. Am einfachsten gestalten sich die Verhältnisse bei der Teilung derjenigen Formen, bei denen das Skelet aus einzelnen nicht fest miteinander verbundenen Stücken besteht. In diesem Falle werden, wie bei *Aulacantha*, die Skeletteile in zwei Gruppen gesondert, die sich um die von den Tochterkapseln gebildeten neuen Centren in der für die betreffende Form charakteristischen Weise herumlagern. Da auf diesem Wege die Zahl der Skeletstücke eine Reduktion auf die Hälfte erfährt, so sehen wir, wie durch Neubildung der Bestand wieder auf die alte Höhe gebracht wird.

Ähnlich einfache Verhältnisse wie bei den vorerwähnten Formen treffen wir bei denjenigen Arten an, die, wie beispielsweise die *Conchariden*, eine aus zwei zusammengefügt Klappen gebildete

Schale besitzen. Die mehr oder minder stark gewölbten Hälften fassen entweder nur mit ihren Rändern oder mittels auf den Kanten stehender Zähne ineinander. Auf die Teilung der Centralkapsel folgt auch eine solche des Skelets, das in der vorhandenen Naht in seine beiden Hälften zerlegt wird. Von diesen erhält jedes Tochterindividuum eine; die fehlende andere Schalenklappe wird durch Neubildung ergänzt. So sieht man denn gelegentlich Exemplare, deren eine Schalenhälfte das gewohnte Aussehen des voll entwickelten Gehäuses zeigt, während die andere, in der ersten Anlage begriffene, als zartes, oft nur mit Mühe erkennbares Gebilde erscheint.¹⁾

Wo ein einheitliches festes Gehäuse entwickelt ist, wird dieses bei der Teilung nicht mit zerlegt. Bei Vorhandensein einer besonderen Mündung verläßt das eine der beiden Tochtertiere auf dem Wege durch die Schalenöffnung den Hohlraum des mütterlichen Gehäuses und scheidet darauf an seiner Oberfläche ein eigenes Skelet ab. Eine Neubildung der Schale mag außerdem auch wohl dann erfolgen, wenn das Tier aus sonst irgend einem Grunde aus der alten Schale auswandert. In dem Material der Plankton-Expedition fand ich zahlreiche leere Challengeridenskelete und unter anderem auch ein Individuum, dessen Centralkapsel gerade im Begriffe ist, das Gehäuse zu verlassen. Die Centralkapsel ist stark in die Länge gestreckt und bereits zur Hälfte nach außen getreten. Das äußere und innere Ende ist verdickt, während der mittlere in der Schalenmündung steckende Teil eingeschnürt ist.

Auswanderung eines Sprößlings nach der Teilung wird im allgemeinen überall da zu beobachten sein, wo an der Schale eine besondere Mündung entwickelt ist, also außer bei den schon erwähnten Challengeriden auch bei den Medusettiden, den Circoporidaen, Castanelliden, den Cannosphäriden und ebenso bei den Cadiiden und Porospathiden. Vielleicht gelangt bei den Aulosphäriden und Sagsphäriden, denen eine Schalenmündung fehlt, das eine der durch Teilung entstandenen beiden Tochtertiere auf dem Wege durch die Maschen des Gitterwerkes nach außen.

Bei den Tuscaroridaen, die sich in der allgemeinen Gestaltung ihres Gehäuses den vorerwähnten Circoporidaen, Challengeriden usw. anschließen, soll es nach V. HAECKER (1904, p. 155—156) zu einer Durchteilung der Schale kommen können. HAECKER's Annahme gründet sich auf die Beobachtung eines mit einer Einschnürung versehenen und eine vermehrte Zahl von Aboralstacheln aufweisenden

¹⁾ Vgl. A. BORGERT 1906, p. 97, Anm. 1.

Skelets, dessen Hohlraum vier Centralkapseln umschloß. Nun bietet sich uns aber bei den Triplyleen, wie ich im vorigen Kapitel schon hervorhob, keinerlei Anhalt für die Annahme, daß diese Formen imstande wären, feste Kieselsäure zu lösen. Auch unter Berücksichtigung des Umstandes, daß die Schalenwandung der Tuscaroridengehäuse offenbar besonders viel organische Substanz enthält und mürber ist als bei den meisten anderen Triplyleenformen, dürfte doch eher zu vermuten sein, daß es sich in dem einen beobachteten derartigen Falle nur um ein abnorm entwickeltes Exemplar der betreffenden Art, *Tuscarusa tubulosa* (J. MURRAY), handelt. Gerade auch bezüglich des Verhaltens der Skeletbildungen bei der Fortpflanzung ist für die Tuscaroriden noch manches aufzuklären. So sollen die Vorgänge hier nach HAECKER (l. c.) zur Entstehung von Kolonien führen, in denen jeweils acht Individuen durch ein aus Kieselstäbchen bestehendes, der Gitterschale von *Sagenoarium* äußerst ähnliches Schalengebilde verbunden sind.

Was endlich noch die Neubildung von Skeletteilen betrifft, so wies ich bereits früher (Teil I, p. 258—259) nach, daß dieselben zunächst als zarte häutige Ausscheidungen angelegt werden, die erst späterhin durch Einlagerung von Kieselsäure ihre definitive starre Beschaffenheit erhalten.¹⁾ Dies trifft sowohl für derartige Triplyleen zu, bei denen das Skelet eine Halbierung erfährt, als auch dort, wo das ganze Gehäuse von neuem ausgeschieden werden muß. Als Beispiele führte ich damals einerseits die Aulacanthiden, andererseits die Challengeriden auf. Andere einschlägige Angaben folgten dann in meinen Berichten über die Medusettiden und die Conchariden der Plankton-Expedition.

Die Tatsache, daß die Skeletausscheidungen der Triplyleen ihren Ausgang von häutigen Grundlagen nehmen, wurde einige Jahre nach dem Erscheinen meiner ersten diesbezüglichen Mitteilungen gerade für die Aulacanthiden auch durch V. HAECKER (1905) bestätigt, nachdem im Jahre vorher IMMERMAN (1904)²⁾ in seinen Untersuchungen über das Skelet der Aulacanthiden namentlich bezüglich der Verwendung von Fremdkörpern (Diatomeenschalen) bei dem Aufbau der Radialstacheln seiner neuen Gattung *Aulokleptes* einige interessante Mitteilungen gemacht hatte.

Es würde zu weit führen, wollte ich an dieser Stelle auch noch

¹⁾ Eine derartige Entstehungsweise wird vermutlich den Skeletbildungen der Radiolarien im allgemeinen zukommen. So hat BRANDT (1885, p. 63) nachgewiesen, daß auch bei Sphärozoen das Kieselskelet eine organische Grundlage besitzt.

²⁾ Die älteren Angaben über die Entstehung der Skeletteile sind nicht erwähnt.

auf die Erscheinungen der Formbildung und die allmähliche Verkieselung der Skeletausscheidungen eingehen. Es sind hier gerade die ersten Versuche zur Lösung des Problems gemacht worden und manches bleibt noch zu tun, um über die Entwicklung derartig komplizierter Gebilde, wie es etwa — um nur ein paar Beispiele zu nennen — die Schalen der Porospathiden, die hohlen Stacheln der Circoporiden und Tuscaroriden sind, im einzelnen zu voller Klarheit zu gelangen.

H. Über die Erscheinungen bei wiederholter Zweiteilung und über normalerweise zweikapselige Arten.

Schon durch die ersten Tripyleenbeobachtungen HAECKEL's (1862) und R. HERTWIG's (1879) wurden wir mit der Tatsache bekannt, daß bei diesen Formen der Skeletraum statt einer Centralkapsel gelegentlich deren zwei enthalten kann. Später sind dann solche Stadien und auch Individuen mit mehr als zwei Centralkapseln wiederholt angetroffen worden, so von HAECKEL (1887), KARAWAIEW (1895) und mir. Bis zu acht Centralkapseln hatte ich selbst mehrfach bei *Aulacantha* gesehen, die größte bisher festgestellte Zahl, nämlich sechszehn, fand jedoch V. HAECKER (1904, p. 152) bei einer anderen, und zwar zur Gattung *Aulospathis* gehörenden Aulacanthide.

Außerdem stellte sich durch die neueren Untersuchungen aber auch heraus, daß die Zahl der Centralkapseln keineswegs immer eine gerade ist. Oft genug wurden Individuen mit drei oder fünf, überhaupt mit einer ungeraden Anzahl von Centralkapseln beobachtet. KARAWAIEW sah solche Exemplare von *Aulacantha* und erwähnt auch gleichzeitig (l. c., p. 301) eine ältere von mir gemachte derartige Beobachtung.

Über die Entstehung der Stadien mit mehreren Centralkapseln brauchen wir heute nicht mehr im Zweifel zu sein. Wir wissen, daß nicht immer auf die Teilung der Centralkapsel auch sogleich eine Halbierung der übrigen Körperbestandteile und eine Trennung der Tochterindividuen folgt, daß vielmehr bisweilen die Tochterkapseln oder selbst noch deren Teilungsprodukte in dem Skelethohlraum des Muttertieres vereinigt bleiben und daß auf diese Weise Individuen mit einer mehr oder minder großen Zahl von Centralkapseln zustande kommen.

Im allgemeinen kann man sagen, daß in denjenigen Fällen, wo eine ungerade Zahl von Centralkapseln vorhanden ist, dieselbe auf ungleichzeitige Teilungsschritte zurückzuführen ist. So erwähnt schon KARAWAIEW (l. c.), daß er gelegentlich bei derselben *Aulacantha* die Kerne der vorhandenen Centralkapseln in ganz verschiedenen Stadien der Entwicklung gesehen habe.

Andererseits gibt es aber auch Formen, bei denen die Teilungen bei der zweiten und den späteren Kapselgenerationen synchron vor sich gehen. In diesen Fällen muß die Zahl der Centralkapseln stets gerade, und bei jeder folgenden Generation doppelt so groß wie bei der vorhergehenden sein.

Natürlich können auch durch nacheinander erfolgende einzelne Teilungen Zustände erzeugt werden, die hinsichtlich der Zahl der Centralkapseln die für die synchrone Teilung charakteristischen Verhältnisse zeigen und man wird daher bei der Entscheidung der Frage, ob es sich um den einen oder den anderen Vorgang handelt, auch den Entwicklungszustand der Centralkapseln resp. ihrer Kerne in Betracht zu ziehen haben.

Es können dagegen, wie ich gezeigt habe, gelegentlich auch durch einen einzigen Teilungsvorgang aus der mütterlichen Centralkapsel drei Tochterkapseln hervorgehen, womit ein Zustand geschaffen wird, wie er uns sonst nur bei Asynchronismus der Teilungen entgegnetritt. Es ist dies jedoch, wie ich bemerken muß, ein relativ seltener Fall.

Endlich gibt es aber auch noch Übergänge zwischen den beiden Möglichkeiten, nämlich Fälle, in denen eine Verschiebung in dem Teilungsrhythmus der einzelnen Centralkapselgenerationen stattgefunden hat. Vielleicht tritt dies sogar meistens ein, wenn die Zahl der Centralkapseln über vier steigt. Man könnte dann von einem partiellen Synchronismus reden. Das Resultat derartiger Teilungsvorgänge ist, daß sich die Zahlengröße für die Centralkapseln nicht in Potenzen von zwei bewegt, sondern, daß auch beispielsweise die Zahl sechs, die bei rein synchroner Teilung ausgeschlossen ist, vorkommt. So bildet V. HAECKER (1907 b, Fig. 2) ein Exemplar von *Aulokleptes ramosus* IMMERMAN mit vier Centralkapseln ab, von denen zwei im gleichen Stadium der Teilung sich befinden, die beiden anderen dagegen kein Anzeichen bevorstehender Halbierung zeigen. Hier wird mit der Durchtrennung der beiden ersteren Centralkapseln der erwähnte Fall eintreten und es werden sechs Centralkapseln vorhanden sein.

Was *Aulacantha* angeht, so besteht bei ihr, wie schon angedeutet wurde, kein bestimmter Rhythmus der Teilungen, diese gehen vielmehr ungleichmäßig vor sich. Infolgedessen trifft man bald Zustände mit gerader, bald solche mit ungerader Zahl der Centralkapseln an. Für den letzteren Fall bietet das auf Tafel XIII, Fig. 24 abgebildete Tier ein Beispiel. Nach Durchführung der an der einen seiner beiden Centralkapseln sich just abspielenden Teilung würden wir ein dreikapseliges Individuum vor uns haben, doch würde die Zerlegung der zweiten Centralkapsel in zwei Tochterkapseln wieder eine gerade Zahl herstellen.

Es erhebt sich nun gleichzeitig die Frage, welchen Anteil die beiden hauptsächlichsten Teilungsarten an der Bildung mehrkapseliger Zustände haben, ob hier ein Unterschied besteht, dergestalt, daß vielleicht nur im Gefolge der Zweiteilung mit amitotischer Kernverdoppelung eine Häufung der Teilungsprodukte innerhalb des mütterlichen Skelets erfolge. Da gerade die angeführten beiden Beispiele von *Aulacantha* und *Aulokleptes* in dieser Richtung zu weisen scheinen, insofern, als hier direkte Kernteilung vorliegt, und wir in der amitotischen Kernvermehrung offenbar einen besonders rasch verlaufenden Teilungsmodus vor uns haben, so wäre der erwähnte Gedanke immerhin nahe liegend. In bezug auf diesen Gegenstand habe ich nun zu bemerken, daß keineswegs die direkte Kernteilung allein zur Entstehung von Individuen mit einer größeren Zahl von Centralkapseln führt. Ich habe bei der Bildung solcher Zustände ebensowohl mitotische als amitotische Teilungsstadien beobachtet und ich hätte einen ganz entsprechenden Fall, wie ich ihn in Fig. 24 dargestellt habe, auch mit einer in mitotischer Teilung des Kernes begriffenen Centralkapsel abbilden können. Ich erinnere außerdem an die von mir bei *Aulacantha* festgestellte Tatsache, daß, wenn auch nicht immer, so doch offenbar meistens, auf die direkte Teilung des Kernes bei den Tochterkernen ein mitotischer Teilungsvorgang folgt. Aus allem ist klar ersichtlich, daß beide Arten der Kernteilung an dem Zustandekommen der betreffenden Erscheinung beteiligt sind.

Kehren wir zu der Frage nach dem Vorkommen synchroner und asynchroner Teilungsvorgänge bei den Triplyleen zurück, so ist nach den Erfahrungen an *Aulacantha* und den erwähnten Befunden bei *Aulokleptes ramosus* schon anzunehmen, daß in der Familie der Aulacanthiden in diesem Punkte kein einheitliches Verhalten besteht.

Ausgesprochen synchrone Teilungsprozesse sind vor allen Dingen bei Castanelliden festgestellt worden. So führt V. HAECKER (1906b,

p. 62) einen Fall an, in welchem er bei einem Exemplar von *Custanidium variabile* BORGERT zwei gesonderte Centralkapseln antraf, die sich wiederum in Teilung, und zwar beide im Tochterplattenstadium, befanden. Auch Dr. SCHMIDT, dessen Untersuchungen an Castanelliden ich schon weiter oben erwähnte, konnte die Gleichzeitigkeit der Teilungen in mehreren anderen Fällen feststellen. Bei den betreffenden von ihm beobachteten Teilungszuständen waren die Kerne der beiden Tochterkapseln entweder im Stadium der Äquatorialplatte oder der Teilungsprozeß war bereits weiter fortgeschritten, so daß die Tochterkapseln schon in Durchschnürung, die getrennten Kernanlagen auf beiden Seiten in Rekonstruktion begriffen waren. Ein anderes Tier mit vier gesonderten Centralkapseln ließ an dem gleichen Bau der Kerne ebenfalls den synchronen Verlauf der vorausgegangenen Teilungsschritte erkennen. Wenn es mir auch nicht wahrscheinlich erscheint, daß bei den Castanelliden Mitose und Amitose zu verschiedenen Resultaten führen, so ist doch darauf hinzuweisen, daß beide Forscher von synchronen Teilungsphasen nur solche speziell beobachteten, bei denen die Kernvermehrung auf mitotischem Wege erfolgte, daß direkte Kernteilung dagegen in diesem Falle nicht mit Sicherheit festgestellt werden konnte. Ebenso will ich noch erwähnen, daß mehr als vier Centralkapseln nie innerhalb der Castanellidenschale angetroffen wurden.¹⁾

Über die tiefer liegenden Ursachen, die zur Entstehung der Stadien mit einer größeren Zahl von Centralkapseln führen, läßt sich heute noch kein Urteil abgeben, wir wissen nicht, welche biologische Bedeutung die in Rede stehende Erscheinung besitzt, wann es nach Halbierung der Centralkapsel zur Durchteilung des ganzen Tieres oder doch seines Weichkörpers kommt, welche anderen Umstände dagegen eine Anhäufung der Teilungsprodukte im Innern des Muttertieres im Gefolge haben. Es möchte sein, daß günstige Lebensbedingungen insofern einen Einfluß ausüben, als die einzelnen Teilungen der Centralkapseln alsdann besonders schnell aufeinander folgen und so vielleicht die Halbierung des übrigen Weichkörpers zunächst unterbleibt, mit anderen Worten, daß es sich bei dem Erscheinen mehrkapseliger Individuen nur um das Einsetzen von Perioden besonders starker Vermehrung handelt.

¹⁾ Es sei an dieser Stelle bemerkt, daß auch bei *Thalassicolla* synchrone Teilungsprozesse vorzukommen scheinen. So gibt BRANDT (1902, p. 68) an, daß er bei *Th. spumida* HAECKEL in derselben Gallerte hin und wieder mehrere (2—4) durch Teilung entstandene Individuen fand, deren jedes wiederum mit zwei Kernen versehen sein konnte.

Ich glaube auch die Beobachtung gemacht zu haben, daß während meiner Untersuchungen hinsichtlich der Fortpflanzungsverhältnisse gelegentlich Unterschiede bestanden. Allerdings besitze ich nur eine Notiz, die sich auf diese Dinge bezieht. Sie lautet: „25. April. Einige Aulacanthen mit vier kleinen Centralkapseln gefunden, die sich offenbar ganz kürzlich durch Teilung aus zwei Mutterkapseln gebildet hatten. Vorher immer nur eine oder höchstens zwei Centralkapseln angetroffen. Ebenso mehrere direkte Kernteilungen beobachtet. Stadien der indirekten Teilung in diesem Fange sehr selten, dagegen diejenigen der direkten vermehrt.“ Es erscheint immerhin nicht ganz ausgeschlossen, daß dieser Umschwung die Folge irgendeiner Veränderung in den Temperatur- oder Ernährungsverhältnissen war. Auch V. HAECKER (1904, p. 152) nimmt, wie ich sehe an, daß „bei den Aulacanthiden die Individuen mit acht oder sechzehn Centralkapseln . . . vorübergehende, periodisch wiederkehrende Entwicklungsstadien darstellen“.

Seit KARAWAIEW's Mitteilungen über *Aulacantha* ist für die Fortpflanzungszustände, bei denen sich mehrere Centralkapseln im Innern des Skeletraumes befinden, die Bezeichnung „Kolonie“ öfters angewandt worden. Auch V. HAECKER bedient sich dieses Ausdrucks, der, wie mir scheint, jedoch nicht sonderlich glücklich gewählt ist. Zwar handelt es sich im vorliegenden Falle wie dort, wo wir bei Protozoen von Koloniebildung sprechen, um miteinander verbunden bleibende Individuen, die von dem gleichen Mutterorganismus abstammen, aber die Bezeichnung Kolonie würde doch eine bestimmtere Abgrenzung der Einzeltiere und einen gewissen Grad der Selbstständigkeit der letzteren zur Voraussetzung haben. Von alledem ist bei den mehrkapseligen Entwicklungsstadien der Tripyleen aber nicht die Rede. Wenn sich diese Zustände auch über das Niveau derjenigen Fälle erheben, wo eine Vermehrung der Kerne allein stattgefunden hat, wenn auch die Centralkapsel im Vergleich zum Kern ein Gebilde höherer Differenzierung darstellt, zu einer, wenn auch noch so untergeordneten Selbstständigkeit bringen die Teilprodukte es nicht, solange sie miteinander vereinigt sind. Es fehlen ihnen vor allen Dingen die gesonderten extracapsularen Bestandteile, und da äußerlich das Muttertier im wesentlichen erhalten bleibt, so behält der Entwicklungszustand trotz der Vermehrung der Centralkapseln doch den Habitus des Individuums. Unter diesen Umständen kann man bei *Aulacantha* und ähnlichen Formen denn auch nicht eigentlich von Koloniebildung reden wie bei anderen Radiolarienformen, den Sphärozoöen, bei denen die Individualität der in eine

gemeinsame Gallerte eingebetteten Einzeltiere in ihrer Organisation erhalten bleibt und sich dort, wo geschlossene Skeletbildungen bestehen, auch auf diese erstreckt.

Es wäre somit meines Erachtens verfehlt, wie HAECKER es beispielsweise (1904, p. 152) tut, *Aulospathis* und andere Aulacanthiden als „koloniebildende Tripyleen“ zu bezeichnen und ich möchte daher vorschlagen, in den oben erwähnten Fällen den Ausdruck „Kolonie“ durch die Bezeichnung „polycystiner Zustand“ zu ersetzen.

Anders allerdings würden die Dinge bei gewissen Tuscaroriden liegen, falls sich V. HAECKER's Angaben (1904) bestätigen. Hier soll es tatsächlich zu einer kolonialen Vereinigung mehrerer vollständiger Individuen mit eigenem Extracapsularium und eigenem Gehäuse kommen, die miteinander durch eine von dem primären Skelet abweichend gestaltete gemeinsame Gitterschale verbunden sind. Die Einzeltiere werden auch in diesem Falle als durch Teilung entstandene Nachkommen eines gemeinsamen Muttertieres angesehen.

Eine zutreffende Deutung der Befunde seitens HAECKER's vorausgesetzt, würden wir es hier mit richtiger Koloniebildung zu tun haben. Ich selbst habe mir leider an dem kleinen Tuscaroridenmaterial der Plankton-Expedition kein eigenes Urteil in dieser Beziehung bilden können.

Ehe ich die Erscheinungen bei wiederholten Teilungen verlasse, muß ich hier auch noch auf das gegenseitige Lageverhältnis der einzelnen Teilungsebenen eingehen. Einen guten Anhalt für die Untersuchung dieses Gegenstandes liefern uns die Nebenöffnungen.

Am einfachsten liegen die Dinge dort, wo es sich nicht um die reguläre Mitose oder Amitose handelt, also beispielsweise bei der unter Kernfurchung sich vollziehenden Zweiteilung. Hier steht die Teilungsebene stets senkrecht zur Ebene der Kapselöffnungen (Frontalebene) und geht mitten zwischen den Parapylen hindurch. Die beiden neuen Nebenöffnungen entstehen erst nach der Trennung der Tochterkapseln, und zwar auf der Trennungsfläche. In diesem Falle würde die zweite Teilungsebene — vorausgesetzt, daß sich an den Tochterkapseln der gleiche Prozeß wie bei der Mutterkapsel wiederholen würde — also parallel zur ersten Teilungsebene orientiert sein.

Ganz entsprechende Verhältnisse wurden für die Zweiteilung festgestellt, die unter Bildung der Manschettenform des Kernes verläuft. Auch bei dieser Form der Fortpflanzung geht die Trennungs-

ebene der Tochterkapseln mitten zwischen den Nebenöffnungen hindurch, steht mithin hier ebenfalls senkrecht zur Frontalebene. Im Falle einer Wiederholung desselben Vorganges an den Tochterkapseln würde, ebenso wie in dem vorerwähnten Falle, die Lage der aufeinanderfolgenden Teilungsebenen parallel ausfallen.

Wesentlich anders sind jedoch die Lagebeziehungen der Teilungsebenen zueinander wie auch gleichzeitig zur Ebene der Kapselöffnungen, bei der unter mitotischer und amitotischer Kernvermehrung sich vollziehenden Zweiteilung. Wie wir gesehen haben, bestehen bei diesen beiden Fortpflanzungsarten untereinander insofern übereinstimmende Verhältnisse, als die Ebene der drei primären Kapselöffnungen und die Teilungsebene der Centralkapsel sich in beiden Fällen unter einem schiefen Winkel schneiden. Auch herrscht darin Übereinstimmung, daß die jungen Nebenöffnungen der Tochterkapseln, die hier wie dort schon vor der Trennung der Kapselhälften erscheinen, in einer dem oralen Pole der Centralkapsel mehr genäherten Ebene angelegt werden und daß sie kreuzweise zu den primären Parapylen orientiert sind. So fällt denn die Teilungsebene der Mutterkapsel zwischen die beiden Parapylenpaare der Tochterkapseln, deren jedes aus einer primären und einer neu gebildeten Nebenöffnung besteht. Bei der nächsten unter mitotischer oder amitotischer Kernverdoppelung erfolgenden Halbierung könnte die Teilungsebene keineswegs wie in den vorerwähnten Fällen parallel zur voraufgehenden gerichtet sein, denn sie muß jederseits zwischen der primären und der sekundären Parapyle hindurchgehen. Da sich außerdem an den Tochterkapseln wiederum Teilungs- und Frontalebene unter schiefem Winkel schneiden, so könnte man vielleicht zu dem Schluß kommen, daß eine rechtwinklige Kreuzung für die Ebenen der aufeinander folgenden Teilungen resultiere. Aber diese Anschauung würde nicht den bestehenden Verhältnissen entsprechen, denn in Wirklichkeit liegen die Dinge komplizierter, als hier vorausgesetzt wurde.

Bei den Darstellungen wurde nämlich ein wichtiger Faktor zunächst außer Acht gelassen, nämlich die Achsendrehung beider Tochterkapseln. Schon im ersten Teil meiner Arbeit (S. 257) sprach ich davon, daß im Anschluß an die Trennung der beiden jungen Centralkapseln, die ich mir dabei nebeneinanderliegend vorstellte, eine Verschiebung der Astropylen gegeneinander bemerkbar sei, „so daß bei der einen die Hauptöffnung mehr nach vorn, bei der anderen mehr nach hinten gerichtet erscheint“. Offenbar handelt es sich bei dieser Tatsache aber nicht nur um eine einfache Drehung der

ganzen Centralkapseln in entgegengesetztem Sinne, sondern um eine Verlagerung der Öffnungen selbst. Eine solche erscheint sogar als ein notwendiges Erfordernis. Wir brauchen uns nur zu vergegenwärtigen, daß die jungen Parapylen näher dem oralen Pole als die primären Nebenöffnungen zur Anlage kommen, um unter gleichzeitiger Berücksichtigung der kreuzweisen Anordnung der betreffenden Gebilde die erwähnte Verschiebung der Astropylen in entgegengesetzten Richtungen als Voraussetzung für die Wiederherstellung des charakteristischen Lageverhältnisses der Öffnungen zueinander zu erkennen. Mit der Abrundung der Tochterkapseln kommen dann die Parapylen, die zunächst eine mehr seitliche Lage haben, zusammen mit der Hauptöffnung auf einem größten Umfange zu liegen.

Die Frontalebene der Tochterkapseln sind also nicht nur im Winkel gegeneinander geneigt (vgl. Teil I, Textfig. Y, S. 239), sondern sie zeigen auch, wie aus der Anlage der neuen Parapylen hervorgeht, schon während des Verlaufes der Teilung eine gekreuzte Lage. Ziehen wir nun noch in Betracht, daß die Teilungsebene an den Tochterkapseln die Frontalebene wiederum schiefwinklig schneidet, so ergeben sich daraus derartig irreguläre Lageverhältnisse für die Ebenen der aufeinander folgenden Teilungen, daß eine klare Vorstellung sich nur noch durch eine Wiedergabe im Modell erreichen läßt.

Zum Schluß habe ich noch zu erwähnen, daß es unter den Tripyleen eine Anzahl von Formen gibt, die im voll entwickelten Zustande regelmäßig zwei Centralkapseln besitzen. Zuerst fiel mir diese Erscheinung bei der Bearbeitung der Tuscaroriden der Plankton-Expedition (1905) auf und ich wies dabei auf eine Bemerkung V. HAECKER's (1904, p. 155) hin, die ähnliche Zustände bei den Tuscaroriden der „Valdivia“ annehmen ließ. Die damals vorliegenden Funde, besonders auch die von HAECKER gegebene Beschreibung eines Exemplars mit vier Centralkapseln und einem scheinbar in Halbierung begriffenen Skelet, legten den Gedanken nahe, daß bei den Tuscaroriden eine Teilung des Körpers überhaupt erst stattfindet, nachdem ein Stadium mit vier Centralkapseln erreicht ist. Im Hinblick auf die Kernverhältnisse, wie sie bei *Amoeba binucleata* GRUBER und nach ELPATIEWSKY (1907) ähnlich auch bei *Arcella vulgaris* EHRLG. bestehen, war diese Möglichkeit wohl ins Auge zu fassen.

Aber nicht nur bei den Tuscaroriden, auch in anderen Tripyleenfamilien ließ sich das Vorkommen von normalerweise zweikapseligen oder, wie HAECKER sich ausdrückt, „dicystinen“ Species feststellen. so fanden sich solche Arten unter den Aulacanthiden und ebenso

sollen die Astracanthiden diese Eigentümlichkeit zeigen. Weiter noch scheinen auch gewisse skeletlose Tripyleenformen der HAECKEL'schen Familie der Phäodiniden hierher zu gehören. Mir sind derartige mit zwei Centralkapseln ausgerüstete Organismen aus den quantitativen Fängen Pl. 19, 20 und 72 der Plankton-Expedition (Labradorstrom und Guineastrom) bekannt geworden. V. HAECKER (1907a, p. 152) fand ähnliche Tierchen an Station 170 der „Valdivia“ im südlichen Indik. Entsprechend einer schon früher von mir (1891) geäußerten Ansicht, daß nicht nur solche nackten, sondern ebenso gewisse andere mit einer Hülle aus kieseligen Fremdkörpern versehene Formen Entwicklungszustände von skeletführenden Tripyleenarten darstellen möchten, betont auch HAECKER für den von ihm unter dem Namen *Phaeocola valdivae* aufgeführten Organismus die Möglichkeit, daß es sich dabei nur um „die nackte Jugendform einer dicystinen Aulacanthidenart“ handelt.

Auf welchem Wege im Verlaufe der individuellen Entwicklung die Dicystinie zuerst zustande kommt, darüber wissen wir noch nichts Bestimmtes. Es ist aber wohl anzunehmen, daß die jüngsten aus Gameten hervorgegangenen Entwicklungsstadien auch bei dicystinen Formen zunächst nur einen Kern, resp. eine Centralkapsel besitzen und daß das Vorhandensein zweier Kapseln die Folge einer vorausgegangenen, vielleicht schon sehr frühzeitig auftretenden Teilung ist. Bei den voll ausgebildeten Tieren verlaufen die Teilungsvorgänge dann an beiden Centralkapseln synchron und die Halbierung des Körpers erfolgt erst, nachdem statt der ursprünglichen zwei, vier Centralkapseln vorhanden sind, so daß also nach der Trennung der Tochtertiere bei beiden der dicystine Zustand wieder zutage tritt.

Nach einer Notiz HAECKEL's (1887) zu urteilen, gibt es vielleicht sogar nicht nur zwei- sondern auch vierkapselige Tripyleenarten. Die vom „Challenger“ heimgebrachten, als Catinuliden bezeichneten Formen besaßen nämlich HAECKEL's Bericht zufolge (l. c. p. 1548 u. 1550, Taf. 117, Fig. 8) soweit sie vollständig erhalten waren, sämtlich vier gleiche Centralkapseln. Da aber weder in der Ausbeute der Plankton-Expedition, noch auch augenscheinlich im Material der „Valdivia“ derartige Organismen vorgefunden wurden, so lassen sich in dieser Frage zurzeit keine bestimmteren Angaben machen.

J. Schlusssausführungen.

Wie wir gesehen haben, zeichnen sich die Fortpflanzungsverhältnisse bei *Aulacantha* durch eine ganz besondere Mannigfaltigkeit der Erscheinungen aus. Nicht weniger als fünf Arten der Vermehrung wurden festgestellt, die alle durch das Verhalten des Kernes deutlich voneinander unterschieden sind. Dabei besteht ein Generationswechsel, ein Alternieren ungeschlechtlicher und geschlechtlicher Fortpflanzungsvorgänge.

Die vegetativen Prozesse der einfachen Teilung verlaufen unter einem vierfachen Bilde:

1. unter mitotischer Kernvermehrung,
2. unter den Erscheinungen der Kernfurchung,
3. unter Bildung der Manschettenform des Kernes,
4. unter direkter Teilung des Kernes.

Hierzu kommen die Vorgänge der reproduktiven Fortpflanzung, wie sie uns in der Gametenbildung entgegentritt und die zur Entstehung geschlechtlich differenzierter Schwärmsporen führt. Also:

5. Fortpflanzung durch Gameten, Bildung von Macro- und Microgameten. Die Entstehung der Gametenkerne vollzieht sich teils unter direkten Teilungserscheinungen, teils auf dem Wege primitiver Mitosen.

Ziehen wir zum Vergleich die Beobachtungen bei anderen großen monozoen Radiolarienformen heran, so sehen wir, daß auch bei *Thalassicola* Fortpflanzung einerseits durch einfache Teilung, andererseits durch Gametenbildung festgestellt worden ist. Aber, wenngleich die reproduktiven Vorgänge hier durch die Ausbildung von Aniso- und Isogameten noch weiter spezialisiert erscheinen als bei *Aulacantha*, so wissen die bisherigen Beobachter doch nichts von derartig mannigfaltigen Vorgängen bei der im vegetativen Zustande stattfindenden Zweiteilung zu berichten, wie sie bei unserem Objekt angetroffen werden. Außerdem treten uns bei den Fortpflanzungserscheinungen von *Aulacantha* noch eine Reihe spezieller Eigentümlichkeiten entgegen, die es erwünscht erscheinen lassen, auf den einen und anderen Punkt noch einmal hier zurückzukommen. Es wird sich dabei Gelegenheit bieten, auch auf gewisse Fragen allgemeinerer Natur einzugehen.

Zunächst ist es die Chromosomenfrage, die in mehrfacher Beziehung unser Interesse in Anspruch nimmt. Eine bemerkenswerte Eigentümlichkeit bietet sich in der doppelten Längsspaltung der Kernsegmente bei rein vegetativen Teilungsprozessen von *Aulacantha* dar. Ich habe diese Erscheinung, die in ihrer Bedeutung für den Organismus nicht leicht verständlich ist, schon im ersten Teil der vorliegenden Arbeit ausführlich genug besprochen, um mir hier ein abermaliges näheres Eingehen auf den Gegenstand versagen zu dürfen. Ich muß diesen Punkt aber im Hinblick auf die neueren Untersuchungen an anderen Tripyleenformen doch wenigstens ganz kurz noch einmal berühren.

Bezüglich der Gestalt der Chromosomen möchte ich hier noch bemerken, daß dieselben bei *Aulacantha* meist deutlich bandartig abgeflacht sind und daß sie durch das Vorhandensein eines feinen helleren Längsstriches, der mit einer Verdünnung des Bandes in der Mittellinie zusammenhängt, leicht eine beginnende Spaltung vortäuschen können, selbst wo eine solche sicherlich nicht bevorsteht. Besonders ausgesprochen fand ich den zweiteiligen Bau der Kernsegmente z. B. auch einige Male bei Stadien der Manschettenform des Kernes, also bei Zuständen, in deren weiterer Entwicklung bestimmt keine Teilung der Chromosomen stattfindet. Allerdings tritt die erwähnte Eigenschaft nicht immer mit derselben Schärfe hervor.

Den gleichen zweiteiligen Bau weisen, wie aus meinen früheren Angaben (Teil I, S. 221 u. 222) hervorgeht, auch die Tochterfäden gleich nach der ersten Längsteilung auf. Hier steht eine abermalige Halbierung in Aussicht, doch bleiben ihre Hälften, „die Enkelfäden, noch auf längere Zeit miteinander vereinigt“. Die zweite Längsspaltung vollzieht sich, wie ich das seinerzeit (Teil I, S. 244) ausführte, dann in der Äquatorialplatte oder, wenn dies nicht der Fall ist, trennen sich die Enkelfäden „sicher zu Beginn des Tochterplattenstadiums“. Diese Dinge sind auch aus den gegebenen Abbildungen ersichtlich.

Es ist nun von Interesse, zu erfahren, daß auch bei anderen Tripyleen ganz ähnliche Verhältnisse bestehen.

So berichtet V. HAECKER (1907 c, p. 102, Anm. 1 und p. 108, Fig. 1a auf p. 6), daß er bei *Castanidium variabile* BORBERT an den Tochterchromosomen im Stadium der Tochterplatten deutliche Anzeichen einer zweiten Längsspaltung beobachtet habe und W. J. SCHMIDT konnte bei *Castanidium moseleyi* HAECKEL die beginnende Spaltung schon zur Zeit der Äquatorialplatte konstatieren.

Allerdings stehen die Tripyleen in dieser Beziehung nicht vereinzelt da, auch bei anderen Objekten (vgl. hierzu V. HAECKER 1907 c, p. 108) wurde in den Meta- und Anaphasenstadien bereits wieder eine neue Längsspaltung der Chromosomen festgestellt.

Bei meinen Untersuchungen an *Aulacantha* habe ich mich auch bemüht, die Menge der Chromosomen zu ermitteln. Ich kam (vgl. Teil I, S. 241) zu dem Resultat, daß „die Zahl 1000 auf jeden Fall noch bedeutend zu niedrig gegriffen sein dürfte“. V. HAECKER hat sich ebenfalls der Arbeit unterzogen, bei *Castanidium variabile* eine, wie er sagt, sogar „sehr genaue Zählung“ der Tochterchromosomen im Tochterplattenstadium vorzunehmen. Nach seiner Angabe (1906 b, p. 62) beträgt die Zahl hier „mindestens 1500 und dürfte 1600 nicht überschreiten“. Nach meinen Erfahrungen an *Aulacantha* möchte ich dieser Zählung jedoch einiges Bedenken entgegenbringen. Ich habe schon früher auf die im Objekte selbst begründete Schwierigkeit einer überhaupt nur einigermaßen exakten Feststellung der Chromosomenzahl hingewiesen. Außerdem ist jedoch noch in Betracht zu ziehen, daß die Anwendung der Schnittmethode, ohne die jede genauere Untersuchung unmöglich wäre, gerade die Ermittlung der Anzahl der Kernsegmente im höchsten Maße erschwert.

Es kommt aber auch noch etwas anderes hinzu: ich kann nach meinen Beobachtungen gar nicht einmal annehmen, daß die Menge der Chromosomen bei *Aulacantha* immer die gleiche ist. Besonders war es das Studium des Zustandes der Äquatorialplatte, das mir die Überzeugung beibrachte, daß die Zahl der Kernsegmente eine durchaus wechselnde sei. Ich habe auf das verschiedene Aussehen der Äquatorialplatte, die bald als dünne, bald als dicke Scheibe erscheint und die im einen Falle im Querschnitt locker und durchsichtig ist, während sie im anderen Falle bei gleicher Schnittstärke ein dichtes Gefüge aufweist, bereits im ersten Teil der Arbeit (S. 228 u. 229) hingewiesen. Der Gegenstand zwingt mich jedoch, noch einen Augenblick bei dem Punkte zu verweilen.¹⁾

Wir haben gesehen, daß bei der mitotischen Teilung des Kernes wohl die aus der ersten Spaltung hervorgegangenen Tochterchromosomen auf die Tochterkerne verteilt werden, während dagegen die Teilungsprodukte der zweiten Spaltung, die Enkelfäden, beide auf

¹⁾ Daß auch sonst sowohl im Tier- wie im Pflanzenreich individuelle, und gelegentlich sogar recht beträchtliche Schwankungen der Chromosomenzahl bei derselben Art vorkommen, zeigen die Angaben von v. WINIWARTER (1900), MONTGOMERY (1905), WILSON (1905), ZWEIGER (1906), STRASBURGER (1905), FARMER und SHOVE (1905) u. a. m. Citiert nach V. HAECKER (1907 c).

derselben Seite verbleiben. Diese zweite Spaltung, deren Bedeutung für den weiteren Verlauf des Entwicklungsganges schwer verständlich erscheint, führt dazu, daß bei den Tochtertieren die doppelte Anzahl von Kernsegmenten als bei dem mütterlichen Individuum zu finden ist.¹⁾ Nehmen wir an, daß auf die erste Mitose eine zweite folgt, so wird diese — das Fortbestehen der Chromosomeneinheiten vorausgesetzt — eine abermalige Verdoppelung der Anzahl der Kernsegmente zur Folge haben. Bei weiterer Wiederholung der gleichen Teilungsart würde also ein rapides Anwachsen der Chromosomenmenge stattfinden.

Gerade entgegengesetzt liegen die Dinge bei der direkten Kernteilung. Hier wird, da die ganze Masse des ruhenden Kernes einfach in zwei gleiche Portionen zerlegt wird, auch eine Halbierung der Zahl der Chromosomen eintreten müssen. In diesem Falle würde also die Aufeinanderfolge mehrerer Teilungen gleicher Art genau den entgegengesetzten Effekt wie bei der mitotischen Kernvermehrung haben, es würde mit jedem Teilungsakt für die beiden Tochterkerne eine weitere Herabsetzung der Chromosomenzahl auf die Hälfte der bei dem Muttertiere vorhandenen erfolgen.

Sind die Voraussetzungen richtig, so muß ein regelmäßiger Wechsel beider Kernteilungsarten die Chromosomenzahl auf einer konstanten Höhe erhalten.

Tatsächlich bereitet sich nun auch, wie weiter oben festgestellt wurde, in der Regel im sofortigen Anschluß an die direkte Halbierung der Kern bei *Aulacantha* zur nächsten auf mitotischem Wege erfolgenden Teilung vor. Durch die Verdoppelung der Chromosomenzahl bei der zweiten Teilung sehen wir die vorausgegangene Halbierung also wieder ausgeglichen.

Ob andererseits auf die mitotische meist wiederum eine amitotische Teilung der Tochterkerne folgt, ließ sich durch direkte Beobachtung nicht ermitteln, man müßte zu diesem Zweck in der Lage sein,

¹⁾ Die Annahme einer Verteilung der Spalhhälften der einzelnen die Äquatorialplatte zusammensetzenden Chromosomen auf die beiden sich bildenden Tochterplatten läßt sich nach dem früher Gesagten nicht gut mit meinen Befunden in Einklang bringen, auch HAECKER's Abbildung (vgl. 1907c; p. 6, Fig. 1a, die untere Kernplatte ganz rechts) scheint mir dagegen zu sprechen. Wir würden in diesem Falle außerdem zu der Auffassung kommen müssen, daß sich ein Austausch zwischen den Chromosomenhälften der beiden Seiten vollzieht, wobei von jedem Kernsegment eine Hälfte an ihrer Stelle verbleibt, während die andere hinüberwandert. Aber auch bei dieser von vornherein unwahrscheinlichen Voraussetzung würden die Zahlenverhältnisse unberührt bleiben und die Menge der Chromatinabschnitte in beiden Tochterkernen sowieso eine Verdoppelung erfahren.

nach erfolgter Mitose am selben Tiere die weitere Entwicklung zu verfolgen.

Ebenso wie auf die amitotische Kernteilung nicht unter allen Umständen Mitose bei den Tochterkernen folgt, so dürfte auch umgekehrt der auf die Mitose folgende Teilungsakt nicht immer unter dem Bilde einer Amitose verlaufen, sondern es mag sich wie dort, so auch hier gelegentlich der gleiche Teilungsmodus wiederholen. Hierfür sprechen nicht nur die direkten Befunde, nämlich die schon erwähnte Tatsache, daß zuzeiten ein deutliches Überwiegen einer bestimmten Teilungsart beobachtet wurde, sondern es mag sich darin gleichzeitig auch eine Erklärung für das Schwanken der Chromosomenmengen bieten. Es läge eben die Annahme nicht ganz fern, daß bei den Individuen mit relativ niedriger Chromosomenzahl mehrere direkte Teilungen, bei dem Vorhandensein großer Mengen von Kernsegmenten dagegen wiederholte Mitosen stattgefunden hätten. So könnte man denn den Wechsel beider Teilungsarten vielleicht von dem Gesichtspunkte aus verstehen, daß hierdurch eine regulatorische Wirkung erzielt wird. Auch nach längeren oder kürzeren Perioden gleichartiger Teilungen wird sich durch das Einsetzen der entsprechenden anderen Kernvermehrungsart das gestörte Gleichgewicht der Chromosomenzahl wieder herstellen lassen.

Es besteht außerdem aber auch noch eine weitere Möglichkeit, daß nämlich die Fälle, in denen eine verhältnismäßig geringe Chromosomenzahl zu beobachten ist, nur zum Teil in der angegebenen Weise, d. h. durch amitotische Kernteilungen entstehen, daß die gleiche Erscheinung andererseits aber auch mit der Entwicklung der betreffenden Individuen aus Gameten im Zusammenhange stehen kann. Ich werde weiter unten noch einmal auf diesen Punkt zurückzukommen haben.

Weiterhin wäre auch noch zu erwägen, wie sich im Hinblick auf die hier berührte Frage die anderen beiden Teilungsarten verhalten.

Was zunächst die unter Kernfurchung vor sich gehende Zweiteilung betrifft, so sahen wir, daß in diesem Falle die Zerlegung des mütterlichen Kernes in die beiden Tochterkerne vor Ausbildung der Äquatorialplatte erfolgt und daß im Zusammenhange mit den übrigen Vereinfachungen des Teilungsvorganges auch nur eine einmalige Spaltung der Chromosomen stattfindet. Zwar waren die in Rede stehenden Fortpflanzungszustände viel zu selten, als daß ich die Zweiteilung unter Kernfurchung für einen der regulären Mitose oder Amitose biologisch gleichwertigen Fortpflanzungsmodus bei *Aula-*

cantha ansehen möchte, ja, ich habe weiter oben sogar von der Möglichkeit gesprochen, daß es sich hier nur um Vorgänge bei geschwächten Individuen, also, wenn man will, gewissermaßen um degenerative Erscheinungen handle. Andererseits ist aber auch darauf hinzuweisen, daß es gerade im vorliegenden Falle bei dem Teilungsprozesse auf eine Erhaltung der ursprünglichen Chromosomenzahl hinausläuft, was bei den anderen Teilungsarten nicht der Fall ist. Die Kernfurchung würde also in dieser Beziehung in der Mitte stehen zwischen der Amitose und der komplizierten Mitose, wie sie sich bei *Aulacantha* findet.

Anders liegen, wie gezeigt wurde, die Dinge bei der Zweiteilung unter Bildung der manschettenförmigen Kernzustände. In diesem Falle geht, soweit das Verhalten der Chromosomen in Frage kommt, die Entwicklung im wesentlichen den gleichen Gang wie bei der für *Aulacantha* charakteristischen Mitose, so daß wir auch hier mit einer Verdoppelung der Chromosomenzahl zu rechnen haben.

Die viel erörterte Frage nach der biologischen Bedeutung der direkten Kernteilung und ihren Beziehungen zur Mitose scheint sich durch die neueren Forschungen immer mehr in dem Sinne zu klären, daß ZIEGLER (1891) und VOM RATH (1891, 1895) in ihrer Ansicht, die Amitose habe niemals Mitosen im Gefolge und führe zu Degeneration und Tod, zu weit gingen. Es wurde durch verschiedene Beobachtungen und Versuche direkt erwiesen, in anderen Fällen wahrscheinlich gemacht, daß mitotische Teilungen sehr wohl auf amitotische folgen können und daß die amitotische Kernteilung auch in Zellen vorkommen kann, die weit entfernt von Tod oder Degeneration sind. In dieser Beziehung sei auf die Experimente künstlicher Erzeugung amitotischer Teilungsvorgänge von PFEFFER (1899) und V. HAECKER (1900) hingewiesen, sowie weiter auf die Untersuchungen von PATTERSON (1908) und besonders von CHILD (1907), welche die Häufigkeit amitotischer Kernteilung in der normalen Entwicklung verschiedenster Metazoenformen und auch das Vorkommen von Mitosen bei den Tochterkernen amitotisch geteilter Zellen dartun.

Was speziell die Protozoen betrifft, so bieten die Befunde hier am wenigsten eine Stütze für die Ansicht, daß die Amitose notwendig zum Untergang der Teilsprößlinge führe. Wir sehen bei den Fortpflanzungsvorgängen dieser Formen, wo der Kern doch nicht nur vegetative Funktionen zu erfüllen, sondern auch gleichzeitig die erblichen Eigenschaften auf die Nachkommen zu übertragen

hat, die direkte Kernteilung offenbar gleichberechtigt und vielfach im Wechsel mit der Mitose vorkommen. Das tritt uns wiederum sehr deutlich bei *Aulacantha* entgegen. Nicht nur bei den Vorgängen der einfachen vegetativen Zweiteilung, sondern ebensowohl bei der geschlechtlichen Fortpflanzung durch Bildung von Gameten erscheinen alternierend Prozesse der direkten und der indirekten Kernvermehrung. Es gilt in diesem Falle sogar als Regel, daß bei der unter Amitose erfolgenden Zweiteilung gleich im Anschluß an die Halbierung des Kernes die Tochterkerne in die Vorbereitung zur Mitose eintreten und, wie gezeigt wurde, folgen bei der Gametenbildung auf die direkten Teilungsprozesse der Disintegration sowohl mitotische wie amitotische Vorgänge einfacher Teilung.

Offenbar stellt die mit direkter Kernvermehrung einhergehende Zweiteilung einen besonders schnell verlaufenden Fortpflanzungsmodus dar, dessen Eintreten und hin und wieder auch wohl periodenweises Erscheinen durch innere wie auch gelegentlich durch äußere Faktoren bedingt werden mag.

In dem Wechsel mitotischer und amitotischer Vorgänge bei der Zweiteilung mögen sich aber, wie schon weiter oben angedeutet wurde, regulatorische Prozesse darbieten, die einer zu starken Verringerung oder auch übermäßigen Vermehrung der Chromosomenmengen entgegenwirken. Dieser Ausgleich würde also nicht nur für die Amitose in Frage kommen, die unter solchen Umständen als ein zur Degeneration führender Vorgang erscheinen könnte, sondern er würde dieselbe Bedeutung auch für den mitotischen Teilungsmodus besitzen.

Einem ähnlichen Wechsel von Mitose und Amitose begegnen wir auch bei *Thalassicolla*. Über die bei der einfachen Zweiteilung am Kern sich vollziehenden Prozesse ist zwar zurzeit noch nichts Näheres bekannt, doch zeigte ich, daß im Verlaufe der Gametenbildung mitosenartige Vorgänge auf die direkten multiplen Teilungserscheinungen, wie sie sich bei dem Zerfall des primären Kernes abspielen, folgen.

Von sonstigen einschlägigen Befunden seien hier nur einige auf Rhizopoden bezügliche Angaben erwähnt, so erinnere ich beispielsweise an die Beobachtung SCHAUDINN's (1896, p. 123), der bei *Amoeba crystalligera* GRUBER, 28 Generationen züchtete, und immer nur direkte Kernteilung antraf. Was das Folgen mitotischer Teilungen auf amitotische betrifft, so sei auch auf die Untersuchungen des eben genannten Forschers (1896) an einkernigen Heliozoen (*Acanthocystis*) hingewiesen. SCHAUDINN sah hier häufig die mittels direkter Kern-

teilung vor sich gehende Knospenbildung durch die unter Mitose sich vollziehende Zweiteilung des Tieres unterbrochen. Ein anderes Beispiel, das in dem Wechsel der beiden Kernteilungsarten ein Gegenstück zu den Erscheinungen bei *Aulacantha* und *Thalassicolla* bildet, liefern die Foraminiferen¹⁾ und ebenso die Mycetozoen.²⁾ In beiden Fällen bieten die letzten Kernteilungen bei der Schwärmerentwicklung das Bild der Mitose, während die vorausgehenden Teilungen auf direktem Wege erfolgen.

Ich komme jetzt zu den bei der Gametenbildung von *Aulacantha* sich abspielenden Vorgängen und zu der Frage, ob auch bei diesem Objekt Reduktionsteilungen vorkommen. Bei Protozoen sind derartige Teilungen in neuerer Zeit verschiedentlich festgestellt worden, so treten nach SCHAUDINN (1904) solche Prozesse bei den Reifungserscheinungen der Gametenkerne von *Trypanosoma noctuae* und *Spirochaete ziemannii* auf. Ebenso berichtet uns auch PROWAZEK (1904 und 1905) über Beobachtungen an *Herpetomonas*, *Trypanosoma lewisi* und *Trypanosoma brucei*, ferner PRANDTL (1905) über Befunde bei dem Infusor *Didinium*, die mit Reduktionsvorgängen in Beziehung gebracht werden konnten.

Bei Radiolarien speziell meint V. HAECKER (1907b und 1907c) die Auflösung des generativen Kernes von *Oroscena* in die die Chromosomenanlagen darstellenden „Einzelknäuel“ als eine „Reduktion in großem Stile“ auffassen und „in derartigen die Sporenbildung eröffnenden Disintegrationsvorgängen die letzte phylogenetische Wurzel der Reduktionsteilungen überhaupt“ sehen zu sollen. Beobachtungen, die auf Reduktionsprozesse bei den durch Auflösung des Primärkernes entstandenen Kleinkernen hingedeutet hätten, wurden nicht gemacht.

Wie ich weiter oben gezeigt habe, bestehen bei *Aulacantha* hinsichtlich der Disintegrationsvorgänge in mancher Beziehung ganz ähnliche Verhältnisse wie bei *Oroscena*. Bei der genannten Tripyleenform liegen die Erscheinungen noch unzweideutiger zutage als bei der von HAECKER untersuchten *Collide* insofern, als sich der Zerfall des Primärkernes bei *Aulacantha* deutlich unter dem Bilde einer direkten Auflösung desselben in die einzelnen Chromosomen vollzieht. So entsteht denn zunächst eine der Zahl der Kernsegmente entsprechende Menge von Gametenmutterkernen. Für jeden

¹⁾ Vgl. SCHAUDINN (1895 und 1903), RHUMBLER (1901), WINTER (1907).

²⁾ Vgl. LISTER, citiert nach MOORE (1893, p. 152).

dieser Kleinkerne bildet eine einzige Chromatinschleife, die das für die Chromosomen von *Aulacantha* charakteristische bandförmige Aussehen hat und die die Andeutung eines Längsspaltess erkennen läßt, die Grundlage. Wir finden in dem Hauptkern mithin gewissermaßen schon die Einzelkerne in Gestalt der Chromosomen präformiert. Die Erscheinungen, wie sie bei *Oroslena* und *Aulacantha* zu beobachten sind, erinnern auch an die nach CALKINS (1907) bei *Amoeba proteus* bestehenden Verhältnisse. Bei dieser Form sollen die sekundären oder Gametenkerne direkt im Innern der Primärkerne gebildet werden und voll entwickelt aus diesen heraustreten.

Die Disintegration des Primärkernes von *Aulacantha* zeigt noch klarer als der entsprechende Prozeß bei *Oroslena*, wo zunächst eine Teilung des Geschlechtskernes in vier Tochterkerne und sodann erst eine Auflösung der letzteren in ihre Einzelknäuel erfolgen soll, jenen Vorgang, den HAECKER deswegen als Reduktion auffaßt, weil es sich auch hier um „das Auseinanderweichen von Chromosomen ohne vorhergegangene Längsspaltung“ handelt.

Es erscheint mir jedoch fraglich, ob HAECKER mit dieser Deutung das Richtige trifft. Allerdings kann ich für die Annahme, daß bei *Aulacantha* eine Reduktion an den Kleinkernen im Verlaufe ihrer Teilungen sich vollzieht, was ich auf Grund anderer Beobachtungen für wahrscheinlich halten möchte, keine sicheren Belege beibringen, ja, gewisse Befunde weisen sogar scheinbar in direkt entgegengesetzter Richtung, indem die ganze Entwicklung zunächst auf eine Vermehrung der Chromosomenzahl abzielt. Diese erfolgt offenbar im Knäuelstadium durch Querteilung des Chromatinfadens, nicht durch Spaltungen in der Längsrichtung.¹⁾ Weiterhin traf ich dann auch immer die gleichen Mengen von Kernsegmenten an. Zwar verlaufen die mitosenähnlichen Teilungen der Kleinkerne gleichfalls ohne daß an den Chromatinfäden eine Längsspaltung sichtbar würde, doch hat der Prozeß keine Reduktion der Chromosomenzahl im Gefolge, letztere bleibt vielmehr dadurch dieselbe, daß in ähnlicher Weise, wie die Untersuchungen LAUTERBORN's (1895) dies für *Ceratium hirundinella* O. F. M. erwiesen haben, eine Querteilung der Fadenabschnitte im Äquator der Spindel erfolgt.

¹⁾ Eine Trennung der Spalthälften der Chromosomenschleife habe ich auch nie direkt beobachten können, vielleicht kommt sie überhaupt nicht zur Ausführung; der Faden war späterhin immer einfach. Es muß auch unentschieden gelassen werden, ob es sich um ein einzelnes bandförmiges Chromosom, oder möglicherweise um zwei vereinigte Enkelchromosomen, also ein Paar von Teilprodukten der zweiten Längsspaltung handelt.

Ich zählte in verschiedenen Stadien der Disintegration des Primärkernes in den Teilungsfiguren der Kleinkerne immer zehn bis zwölf Chromosomen, in keinem Fall aber nur die Hälfte, bzw. das Doppelte dieser Zahl. In ganz ähnlicher Weise wie bei *Aulacantha* verlaufen auch die Teilungsvorgänge während der Gametenbildung anderer Radiolarienformen, so boten sich völlig entsprechende Bilder in den vergleichbaren Entwicklungsstadien bei Caementelliden (vgl. Taf. XVII, Fig. 63) und außerdem auch bei Colliden (vgl. Taf. XVII, Fig. 68).

Es bleibt bei *Aulacantha* allerdings noch die Möglichkeit bestehen, daß die Auflösung der Kleinkerne in minimale Chromatinpartikelchen und die Neubildung von Kernen aus diesen mit Reduktionsprozessen verbunden ist, oder daß ganz zum Schluß des Entwicklungsganges, ehe die Schwärmer frei werden, sich an den Kernen noch reguläre Reduktionsteilungen vollziehen.¹⁾ Die glückliche Auffindung eines einzigen Zwischenstadiums könnte diese Frage klären, für deren sichere Entscheidung das mir vorliegende Material keine Handhabe darbot.

Im Grunde genommen würde allerdings eine noch weitere Verringerung der Chromosomenmenge den vorauszusetzenden späteren Vorgängen entgegenwirken, denn die für den Kern des erwachsenen Tieres festgestellte hohe Chromosomenzahl zeigt uns deutlich, daß während der Entwicklung der auf dem Wege der Gametenbildung erzeugten jungen *Aulacantha* eine starke Vermehrung der Kernsegmente stattfinden muß. Ich halte es auch nicht für ausgeschlossen, daß es sich bei den Individuen mit relativ geringer Chromosomenzahl um Tiere handelt, die aus Gameten entstanden sind und noch nicht die volle Menge von Kernsegmenten erreicht haben.

Endlich habe ich auch noch auf die Erscheinungen des Kerndualismus einzugehen. Die Frage, ob bei den Radiolarien, speziell den Tripyleen, ein Kerndualismus in irgendeiner Form bestehe, ist durchaus berechtigt, nachdem derartige Verhältnisse bei einer ganzen Zahl anderer Protozoenformen nachgewiesen worden sind.

Nach HAECKER (1907 b) soll die Halbierung des Primärkernes bei *Orosccena* nicht als einfacher vegetativer Teilungsprozeß anzu-

¹⁾ Daß wir in dem Auftreten einer Art von Restkörper, wie er bei *Aulacantha*, und ähnlich auch bei *Thalassicolla* zur Ausschaltung gewisser Teile des primären Kernes von der Schwärmerbildung dient, einen Vorgang vor uns haben, der mit der eigentlichen Reduktion nichts zu tun hat, hob ich schon hervor. Bezüglich der Bedeutung dieser Erscheinung verweise ich auf das an anderer Stelle Gesagte.

sehen sein, sondern einen zur Differenzierung eines vegetativen oder Dauerkernes und eines Geschlechtskernes führenden Vorgang darstellen. HAECKER erinnert dabei u. a. an den Kerndualismus der ciliaten Infusorien mit ihrem Macro- und Micronucleus.

Wenngleich für *Thalassicolla* und *Thalassophysa* Beobachtungen vorliegen, die das Vorkommen einfacher Zweiteilung des vegetativen Individuums erweisen, so ist doch mit der Möglichkeit zu rechnen, daß das Vorhandensein einer festen Gitterschale bei den Orosceen auch andere Fortpflanzungsverhältnisse als bei den erwähnten skeletlosen Colliden bedingen mag.

Bei den Tripyleen bietet das Skelet nun nirgend ein Hindernis für eine einfache Teilung des Tieres. Entweder setzt es sich aus einzelnen Stücken zusammen, so daß seiner Zerlegung in zwei für die beiden Tochterindividuen bestimmte Hälften keinerlei Schwierigkeiten entgegenstehen, oder, wo ein festes Gehäuse entwickelt ist, besitzt dieses bald eine besondere Mündung, aus der der Weichkörper hervortreten kann, bald besteht die Schale aus einem derartig weitmaschigen Gitterwerk von dünnen Kieselstäben, daß die geteilte Centralkapsel samt den extracapsularen Körperbestandteilen mit Leichtigkeit nach außen gelangen kann.

V. HAECKER neigt jedoch offenbar der Ansicht zu, daß in gewisser Beziehung bei den Tripyleen ähnliche Erscheinungen der Fortpflanzung vorliegen, wie sie nach seinen Untersuchungen bei *Orosceina* bestehen sollen. Auch HAECKER hat Stadien der Amitose sicherlich beobachtet, doch wird nirgend diese Art der Kernvermehrung von ihm erwähnt, bezw. mit einfachen Teilungsprozessen des Tieres in Beziehung gebracht. Dagegen hebt HAECKER (1907 b, p. 79) hervor, daß ihn die beiden durch Teilung entstandenen Kerne von *Orosceina* „durchaus an die ... Doppelkerne der Tripyleen erinnern“.

Die direkte Beobachtung läßt aber, wie ich weiter oben zeigte, keinen Raum für die Annahme, daß es sich bei der Halbierung des *Aulacantha*-Kernes um etwas anderes, als um einen rein vegetativen Teilungsvorgang handeln könnte. Ebenso liegen die Dinge für die Castanelliden und entsprechende Verhältnisse werden auch wohl bei den übrigen Tripyleenformen bestehen, bei denen direkte Kernteilung nachgewiesen wurde.

Der berührte Gegenstand führt uns aber weiter zu der Chromidienfrage, die seit der kurzen Zeit ihres Bestehens doch bereits eine hohe Bedeutung für die Betrachtungsweise der gesamten Kernverhältnisse bei den Protozoen erlangt hat.

Allgemein gesprochen bezeichnen wir, seitdem R. HERTWIG

(1902) den Begriff der Chromidien in die Wissenschaft einführte, mit diesem Namen bekanntlich chromatische Massen, die, zum Kernapparat der Zelle gehörig und vom Chromatin des Kernes abstammend, außerhalb desselben im Zellplasma sich finden und gelegentlich, wenn der Kern oder die Kerne sich aufgelöst haben, allein an Stelle derselben vorhanden sein können.

Die Chromidien sind, wie die weiteren Untersuchungen gezeigt haben, jedoch nicht einheitlicher Natur. Während sie bei *Actinosphaerium* und ähnlich auch wohl bei Gregarinen in Beziehung zum Stoffwechsel stehen, liefern die Chromidialgebilde der Thalamophoren die Substanz für die Geschlechtskerne, wohingegen hier der Prinzipalkern vegetativer Natur ist. Diese Feststellungen machten es nötig, zwischen vegetativen und generativen Chromidien (Gametochromidien, Sporetien) zu unterscheiden.

Auch die Auflösung des Primärkernes der großen monozoen Radiolarien läßt sich, wenngleich bei diesen Formen in mancher Beziehung besondere Verhältnisse bestehen, als Chromidienbildung ansehen. Fassen wir von diesem Gesichtspunkt aus die Prozesse ins Auge, wie sie sich nach HÄCKER'S Untersuchungen bei *Oroscoena* abspielen, so treten hier Vorgänge in die Erscheinung, die zur Entstehung generativer Chromidien führen. Diese Chromidien nehmen ihren Ursprung durch Teilung des Primärkernes. Zunächst liegen sie in Gestalt eines gesonderten, abgerundeten Geschlechtskernes neben der vegetativen, als Dauerkern bezeichneten Hälfte. Späterhin teilt sich dann der Geschlechtskern wiederholt und zerfällt schließlich in einzelne Chromidien, in kleinere Massen, die sich als knäuelig strukturierte Kernchen durch das Protoplasma verteilen. Aus ihnen entstehen die Gametenkerne. Der vegetative Kern geht in diesem Falle jedoch nicht zugrunde, wie es sonst im allgemeinen die Regel ist, sondern er bleibt erhalten und bereitet sich während der Ausbildung der Gametenkerne bereits wieder zur Spaltung in eine vegetative und eine generative Hälfte vor.

Bei der Chromidienbildung von *Thalassicolla* fehlt eine derartig frühzeitige, durch eine einfache Teilung erfolgende Trennung physiologisch verschiedenwertiger Kernsubstanzen in gesonderte Massen. In dem primären Kern sind somatische und propagatorische Substanz miteinander gemischt. Bei der Isogametenbildung vermissen wir eine Sonderung differenter Bestandteile sogar gänzlich; im Gegenteil, vor der Auflösung des Kernes findet noch eine gründlichere Mischung, eine gleichmäßigere Verteilung des Chromatins durch den Kernraum statt, so daß der Kern jetzt „annähernd homogen“ wird.

Die durch die Zerklüftung des in zahllose Teilstückchen zerfallenden Primärkernes gebildeten Kleinkerne sind also substanziell dem ursprünglichen Kerne gleichwertig.

Anders liegen die Dinge jedoch bei der Entwicklung der Anisosporen. Hier treten Substanzteile des Kernes durch die Poren der Kernmembran in das umgebende Protoplasma über, zur Bildung generativer Chromidien. Ich erinnere dabei an die ähnlichen Vorgänge, wie sie sich nach GOLDSCHMIDT (1907) gelegentlich der Entwicklung der Gametocyten von *Mastigella vitrea* GOLDSCHMIDT abspielen.

GOLDSCHMIDT bezeichnet die zunächst in der Umgebung des Kernes erscheinende, vermutlich „durch die Kernmembran ausgeschwitzte“ Substanz als Nucleolarsubstanz, BRANDT spricht in seinem Falle bei *Thalassicolla* von Kernsaft. In beiden Fällen treten die eigentlichen chromatischen Bestandteile erst nachträglich aus dem Kerne aus. Ein Unterschied würde allerdings insofern bestehen, als die Nucleolarsubstanz bei *Mastigella* nach GOLDSCHMIDT nur die Grundsubstanz für die Chromatinmassen abgibt, während nach BRANDT bei *Thalassicolla*, wo zweierlei Gametenformen in demselben Individuum nebeneinander gebildet werden, aus beiden Substanzen Gametenkerne hervorgehen sollen. Der Kernsaft wird von BRANDT auf Grund des verschiedenen färberischen Verhaltens für den Aufbau einer Kernart, und zwar der Microgametenkerne, die dichteren Massen chromatischer Substanz, die später austreten, für die Bildung der anderen Kernart, nämlich der Macrogametenkerne, in Anspruch genommen.

Ob eine solche Differenzierung der Kernsubstanzen wirklich besteht, oder ob nicht vielleicht vorübergehende Unterschiede der Mischungs- und Konzentrationsverhältnisse die erwähnte Verschiedenheit der Färbung bedingen könnten, wage ich nicht zu entscheiden. Das für die ausgebildeten Gametenkerne angegebene ungleiche Verhalten hinsichtlich der Färbbarkeit würde sich jedenfalls zur Genüge aus der Verschiedenheit der Struktur, bzw. der Verteilung der chromatischen Substanzen erklären.

Wenn ich den Vergleich mit *Mastigella* zu Ende führen soll, so muß ich noch darauf hinweisen, daß bei dieser Form die Gametochromidien (Sporetien GOLDSCHMIDT) der Gametocyten zunächst entweder einen besonderen abgerundeten neben dem Primärkern gelegenen Körper bilden und damit dann ähnliche Verhältnisse vorliegen, wie sie bei *Orosцена* vor der Auflösung des Geschlechtskernes angegeben werden, daß in anderen Fällen aber von Anfang an eine

mehr diffuse Verteilung der Gametochromidien zu beobachten ist, die dann an die Zustände von *Thalassicolla* erinnert.

Außerdem ist auch noch das Schicksal des Primärkernes zu berücksichtigen. Bei der Entwicklung der Macrogametocyten von *Mastigella* bleibt er im wesentlichen intakt bis zur Ausbildung der Schwärmer, während er bei der Entstehung der Microgameten schon früher degeneriert.¹⁾ Für *Thalassicolla* besteht bei der Anisosporenbildung ein ganz allmählicher Verfall des Primärkernes, der bereits mit dem Beginn des Austritts von Kernsubstanz in das umgebende Protoplasma seinen Anfang nimmt.

Es bleiben nunmehr noch die bei den Triplyleen bestehenden Vorgänge der Chromidienbildung zu besprechen.

Ich habe schon früher (Teil I, S. 237 u. 238) einmal erwähnt, daß bei gewissen vegetativen Teilungszuständen von *Aulacantha*, zu einer Zeit, da die Kernmembran aufgelöst ist und die Chromatinsmassen frei im Endoplasma liegen, sich Teilchen des Chromatins von der Hauptmenge abtrennen, um in das Endoplasma hinüberzuwandern. Derartige Vorgänge habe ich außer bei der Mitose auch bei anderen Kernteilungsarten wiedergefunden (vgl. Taf. XI, Fig. 10 u. 11; Taf. XII, Fig. 19, 21, 22). Wahrscheinlich handelt es sich hierbei um die Entfernung überschüssigen oder verbrauchten Kernmaterials. Will man diese Art zugrunde gehender Kernsubstanzen nicht unter den von MESNIL geschaffenen Begriff der „Trophochromidien“ subsummieren, so könnte man sie vielleicht gut als „abortive Chromidien“ bezeichnen. Eine Scheidung zwischen derartigen unbrauchbar gewordenen Kernmaterialien und solchen, die Reservestoffe bilden oder sonstwie offensichtlich trophischen Aufgaben in der Zelle dienen, erscheint mir immerhin zweckmäßig.

Ich möchte bei dieser Gelegenheit nicht unterlassen, auf die bei den Triplyleen möglicherweise vorhandene Beziehung dieser degenerierenden Chromatinteile zur Bildung der als Phäodium bezeichneten, bald mehr grünlichen, bald mehr braun gefärbten extracapsularen Pigmentmassen hinzuweisen. Ich erinnere dabei an die Befunde R. HERTWIG's bei *Actinosphaerium*, wo sich die Chromidien

¹⁾ Nebenbei sei hier erwähnt, daß bei der Bildung der Macrogameten von *Mastigina setosa* GOLDSCHM., die in ähnlicher Weise wie bei *Mastigella* vor sich geht, der Primärkern sogar vollkommen unberührt bleibt und selbst nach der Entstehung der Gametenkerne noch zur Teilung schreiten kann. (Vgl. dazu auch die einschlägigen Beobachtungen von PRANDTL (1907) an den Gametocyten von *Allogromia*.) Bei den Microgametocyten beginnt der Kern jedoch, mit der Gametenbildung zu degenerieren.

unter bräunlicher Verfärbung in Pigment umwandeln können. Auch PROWAZEK (1905a, p. 360) erwähnt diese Art von Bildungen, „die gewissermaßen Häutungs- und Excretprodukte des Kernes enthalten“. Schon im ersten Teil meiner Arbeit (S. 260 ff.) wies ich nach, daß das Phäodium, soweit es vom Tiere selbst erzeugt wird, also nicht von außen stammt, im Innern der Centralkapsel gebildet werde und offenbar im wesentlichen aus Endprodukten des Stoffwechsels bestehe. Auch die neueren Beobachtungen an anderen Formen bestätigen den intracapsularen Ursprung dieser Massen.¹⁾

Die Entwicklung der Gametenkerne aus dem Primärkern verläuft bei *Aulacantha* unter einem Bilde, das in mancher Beziehung an die Vorgänge bei der Anisogametenbildung von *Thalassicolla* erinnert. Auch bei *Aulacantha* trennen sich, sobald die vegetative Lebensperiode beendet ist, vom Primärkern Chromatinteilchen ab, die in das umgebende Endoplasma hinübertreten. Aus ihnen entwickeln sich, wie bei *Thalassicolla*, die Gametenkerne. Der Primärkern geht bei diesen Vorgängen allmählich zugrunde.

Eine Besonderheit der Gametochromidien von *Aulacantha*, die sie aber mit denen von *Oroslena* zu teilen scheinen, ist, daß sie gleichzeitig den Wert einzelner Chromosomen besitzen. Im Vergleich mit *Thalassicolla* kommt auch noch hinzu, daß bei *Aulacantha* immer nur eine Art von Gametenkernen in jedem Individuum entsteht und die gebildeten Kerne desselben Muttertieres infolgedessen untereinander gleich sind; auch treten nicht wie bei *Thalassicolla* (und *Mastigella*) die Kernsubstanzen gesondert aus dem Primärkern aus.

Aus den bisher angeführten Tatsachen ergibt sich für die Betrachtungsweise der Kernverhältnisse der erwähnten Radiolarienformen folgendes.

Bei *Oroslena* besitzt das junge Tier einen einzigen „gemischten“ Kern, der sowohl somatische wie propagatorische Bestandteile enthält und der am Ende des vegetativen Lebens durch Teilung in eine vegetative und eine generative Hälfte (Dauerkern und Geschlechtskern) zerfällt. Bei einem Vergleich mit den Kernverhältnissen der Infusorien würden wir den Macronucleus der letzteren mit dem Dauerkern, den Micronucleus mit dem Geschlechtskern von *Oroslena* in Parallele setzen müssen. Während die Doppelkernigkeit der meisten Infusorien aber einen der ganzen vegetativen Lebensperiode des Tieres zukommenden Zustand darstellt, tritt die Sonde-

¹⁾ Den Begriff des Phäodiums und der Phäodellen fasse ich viel enger als HAECKER. Daraus erklärt sich auch zum Teil die Verschiedenheit unserer Angaben über den Gegenstand.

rung der Kernsubstanzen bei *Oroslena* erst mit dem Beginn reproduktiver Erscheinungen auf und weiter entsteht bei *Oroslena*, nachdem der Geschlechtskern sich in einzelne Chromidien aufgelöst hat und aus ihnen die Kerne der Gameten hervorgegangen sind, aus dem rekonstruierten vegetativen Kern wiederum ein neuer Geschlechtskern, wohingegen bei den Infusorien umgekehrt durch Teilung des Geschlechtskernes, des Micronucleus, ein neuer vegetativer Kern, ein Macronucleus, gebildet wird. Der somatische Kern der Infusorien ist ein vergängliches Gebilde, er zerfällt am Ende des vegetativen Lebens, indem er sich in Chromidien auflöst, der vegetative Kern von *Oroslena* persistiert dagegen.

Für *Thalassicolla* und *Aulacantha* liegen die Dinge zunächst ähnlich wie bei *Oroslena*. Das vegetative Individuum besitzt auch hier nur einen „gemischten“ Kern, aus dem aber zum Unterschiede von *Oroslena* mit dem Beginn der Gametenbildung die propagatorischen Substanzen successive in Form von generativen Chromidien in das umgebende Protoplasma austreten. Der Dualismus tritt uns hier in Gestalt der verteilten Geschlechtskernsubstanz und der zurückbleibenden vegetativen Kernmasse entgegen.

In diesem Falle überlebt nur die propagatorische Kernsubstanz in den Gameten; der dem Macronucleus der Infusorien entsprechende somatische Kernrest geht zugrunde.¹⁾

¹⁾ Zu den Radiolarien wird man, wie ich schon früher (1897) ausführte, auch wohl die merkwürdige *Sticholonche* zu stellen haben. Bei dieser Form kommen außerhalb der Centralkapsel mehr oder minder umfangreiche Anhäufungen von Kernen vor. Ich faßte diese Kernhaufen seinerzeit als Entwicklungsstadien eines die *Sticholonche* bewohnenden kleinen parasitären Organismus auf. Diese Annahme ist zweifellos naheliegend; es ist aber andererseits auch an die Möglichkeit zu denken, daß es sich in diesen Fällen um die Bildung generativer Chromidien handelt. Daß Teile der chromatischen Substanz des Kernes von *Sticholonche* in das umgebende Protoplasma austreten, wurde durch meine damaligen Beobachtungen bereits festgestellt. Es könnte nun sehr wohl sein, daß diese Chromatintteile weiterhin in das extracapsulare Protoplasma auswandern und hier zur Entstehung der Kernhaufen führen, ohne daß jedoch der primäre Kern zugrunde ginge. In diesem Falle würden die mit Kern- oder Bläschenhaufen versehenen Individuen Entwicklungsstadien der Schwärmerbildung der *Sticholonche* darstellen. Allerdings hätten wir dann bei dieser Form insofern besondere Verhältnisse vor uns, als die Bildung der Kernanlagen für die Schwärmer nicht im Innern der Centralkapsel, sondern außerhalb, im extracapsularen Protoplasma, erfolgt.

Wie in so vielen anderen Fällen, so ist auch hier die Entscheidung der Frage, ob es sich um Fortpflanzungszustände des Tieres selbst oder um die Entwicklung parasitärer Organismen handelt, nur durch eingehende, auf diesen Punkt gerichtete Untersuchungen und streng kritische Bewertung der einzelnen Tatsachen möglich.

Für die parasitäre Natur der Kernhaufen könnte wohl der Umstand

Auch bei beschalteten Rhizopoden (*Polystomella*, *Centropyxis*, *Chlamydothryx*) findet man nach den Untersuchungen SCHAUDINN's (1903) die reproduktiven Kernsubstanzen als Chromidien ausgebildet. Aber im Gegensatz zu den genannten Radiolarienformen sehen wir bei den letzterwähnten Rhizopoden die Geschlechtskernsubstanz schon während des vegetativen Lebens als gesonderte Masse auftreten. Der Prinzipalkern, der übrigens ebenfalls zeitweilig (*Polystomella*) die Konfiguration des Chromidiums annehmen kann, bildet hier als ausschließlicher Stoffwechselkern das somatische Gegenstück des reproduktiven Chromidiums; er besteht nur in der vegetativen Periode und degeneriert am Schluß derselben.

Mit SCHAUDINN halte ich es allerdings nicht für wahrscheinlich, daß die Kernsubstanzen, somatische und propagatorische, bei den Differenzierungsvorgängen immer vollkommen scharf voneinander gesondert werden, dergestalt, daß beispielsweise die generativen Chromidien nur aus propagatorischem Kernmaterial ohne jede Zutat somatischer Teile bestehen. Die Befunde GOLDSCHMIDT's (1907) bei *Mastigina*, wo bei ganz jungen, offenbar unmittelbar an die Zygote anschließenden Entwicklungsstadien bereits beide Arten von Kernsubstanz unterschieden werden konnten, indem schon jetzt eine Trennung des propagatorischen Materials von dem somatischen beobachtet wurde, weisen wohl auch darauf hin, daß die Gametenkerne bereits gewisse Mengen der letzteren Substanz mitbrachten.

Zu den eben besprochenen Erscheinungen der Doppelkernigkeit, wie sie sich in der Differenzierung eines vegetativen und eines generativen Kernes darbieten — wobei es ohne Bedeutung ist, ob es sich um zwei gesonderte eigentliche Zellkerne oder um ihr Bestehen in Chromidienform handelt — kommen weiter diejenigen Fälle, in denen der Kerndualismus in dem Vorhandensein eines Hauptkernes und eines kinetischen Kernes zum Ausdruck

sprechen, daß die Kerne in eine Plasmamasse eingebettet sind, die sich anders als das umgebende Plasma der *Sticholonche* färbt. Besteht die Annahme, daß hier wirklich Entwicklungszustände eines Parasiten vorliegen, zu Recht, so wäre noch die Frage nach den nächsten Verwandten dieser Form in Betracht zu ziehen. Ich möchte dabei auf die Ähnlichkeit meiner Bilder mit den von PROWAZEK (1907) in seiner Mitteilung über *Chlamydozoa* (p. 344, Fig. 3 ff.) dargestellten Entwicklungsstadien des Trachomerregers hinweisen, wobei allerdings bemerkt werden muß, daß es sich im letzteren Falle um wesentlich kleinere Gebilde handelt. Auch auf die von PRANDTL (1907) bearbeitete, in *Amoeba proteus* ihre Gameten bildende *Allogromia*, sowie auf den Parasiten, der nach DOFLEIN (1907) die Riesenkernebildung bei *Amoeba vespertilio* hervorruft, sei hingewiesen. Schon PROWAZEK macht auf die vielleicht bestehende Verwandtschaft dieser Formen mit den von ihm behandelten Microorganismen aufmerksam.

kommt, sei es nun, daß uns der letztere als Blepharoplast (Trypanosomen), als Nebenkörper (*Paramoeba*), als Nucleolocentrosoma (*Euglena*, *Oxyrrhis*), als Caryosom oder direkt als Centrosom entgegentritt.

Unter den Befunden an Radiolarien möchte ich an die Beobachtungen BRANDT's (1905) bei *Thalassicolla* erinnern, wo bei der Anisosporenbildung im Kerninnern ein centrosomenartiges Gebilde sichtbar wird, das späterhin durch die Kernmembran in das umgebende Protoplasma nach außen tritt. Daß es sich in diesem Falle wirklich um ein kinetisches Centrum handelt, darauf deuten die Strahlungen, die im Umkreis des als Bläschen geschilderten Körperchens auftreten, und der Einfluß hin, den es auf die Lageverhältnisse der Chromatinteile im Kerne ausübt. Über die weiteren Schicksale der in Rede stehenden Bildung ist zurzeit noch nichts Näheres bekannt, doch sei darauf hingewiesen, daß ich auch bei den im weiteren Verlauf der Vorgänge entstehenden Kleinkernen centrosomenähnliche Körperchen erkennen konnte.

Bei *Aulacantha* fanden sich keine Anzeichen für das Vorhandensein eines zweiten neben dem Hauptkern bestehenden besonderen kinetischen Kernes. Abgesehen von den „stark färbbaren Körnchen“, wie sie sich bei der Mitose den äußeren Enden der Chromosomen vorgelagert zeigen,¹⁾ würde sich die einzige hier zu berücksichtigende Erscheinung in dem Vorkommen centrosomenartiger Bildungen bei den durch Disintegration des Primärkernes entstandenen Kleinkernen und ihren Descendenten darbieten. Ich komme dabei auf das zurück, was ich schon weiter oben sagte, daß es sich nämlich im letzteren Falle ebenso wie bei den entsprechenden Entwicklungsstadien von *Thalassicolla* möglicherweise um Gebilde handelt, die in gewisser Hinsicht vergleichbar dem Blepharoplast, mit der Beweglichkeit der Zelle, der Ausbildung von Geißeln bei dem fertigen Schwärmer in Beziehung stehen.

Bei den Tripyleen würde nach dem Gesagten — vorausgesetzt, daß eine Verallgemeinerung der Befunde an *Aulacantha* statthaft ist — auch zu gewissen Zeiten augenscheinlich ein Kerndualismus in der angedeuteten Richtung bestehen.²⁾ Das unvermittelt er-

¹⁾ Vgl. Teil I, S. 247.

²⁾ Die „Dycystinie“ der Tripyleen kann in der den Kerndualismus betreffenden Frage natürlich weder für den einen noch für den anderen Fall herangezogen werden. Bezüglich dieser Erscheinung wurde weiter oben auf die Ähnlichkeit mit den bei *Amoeba binucleata* GRUBER bestehenden Verhältnissen hingewiesen. Bei letzterer Form verhalten sich die beiden Kerne vollkommen gleich und man könnte deswegen auch an diesem Punkte wohl kaum einmal den phylogenetischen Ursprung einer

folgende Auftreten centrosomenartiger Bildungen könnte nicht sonderlich überraschen, seitdem wir durch SCHAUDINN's (1896) und R. HERTWIG's (1898) Untersuchungen, von der Entstehung des Centrosoms aus Substanzen des Kernes Kenntnis besitzen. Wenn wir bei *Thalassicolla* vielleicht annehmen können, daß sich das „Centrosom“ des Primärkernes bis zu dem entsprechenden Gebilde der Gameten zurückverfolgen läßt, so wäre bei *Aulacantha* mit der Möglichkeit zu rechnen, daß die bei der mitotischen Teilung und der Gametenbildung erscheinenden stark färbbaren Körperchen auch die gleichen, nur zeitweilig verschwindenden Gebilde sind.

Welche weitergehenden Schlüsse lassen sich nun aus den bis heute vorliegenden Beobachtungen ziehen und inwieweit dürften diese vor allen Dingen geeignet sein, unsere bisherige Auffassung von dem Bau des Radiolarienkörpers zu berichtigen oder zu ergänzen?

Offenbar führen uns die neueren Befunde zu der Anschauung, daß die großen monozoen Radiolarienformen nicht in gleiche Linie gestellt werden können mit der Mehrzahl der anderen einkernigen Protozoen.

Zunächst ist es schon die ungeheure Chromosomenzahl, die uns diese Formen in einem besonderen Lichte erscheinen läßt; weder bei irgend welchen Protisten, noch bei höheren Tieren oder Pflanzen sind ähnlich bedeutende Mengen von Kernsegmenten beobachtet

Differenzierung annehmen (vgl. SCHAUDINN 1896). Bei den dicystinen Tripyleen kommt aber zu der fehlenden funktionellen Verschiedenheit der beiden Centren noch hinzu, daß es sich hier gar nicht etwa nur um das Vorhandensein zweier Kerne in einer Zelle handelt, denn die getrennten Centralkapseln stellen Gebilde höherer Ordnung dar, als die Kerne allein es sind. Da in der Entwicklung der meisten Tripyleenformen das dicystine (oder polycystine) Stadium nur vorübergehend ist, so könnten wir uns die Organisationsverhältnisse der dicystinen Arten wohl richtiger unter dem Bilde eines permanent gewordenen, während des ganzen Lebens des Tieres bestehen bleibenden und bei der Teilung auch auf die Nachkommen übergehenden Zustandes der Vereinigung zweier auf einer sehr niedrigen Stufe der Selbständigkeit stehen gebliebenen, und so auch nur mit einem gemeinsamen Skelet ausgestatteter Individuen vorstellen, die sich nach außen hin vollkommen wie ein Einzeltier verhalten (vgl. hierzu die Ausführungen am Schlusse des vorigen Kapitels). Im Zusammenhange mit den hier behandelten Erscheinungen dürfte vielleicht eine von SCHAUDINN gemachte Beobachtung erwähnenswert sein. Er schildert (1903, p. 556), wie gelegentlich bei *Centropyxis aculeata* monströse zweikernige Individuen gebildet werden und diese durch synchrone Teilung beider Kerne ihre Doppelkernigkeit auch auf die Nachkommenschaft übertragen können. Auch in diesem Falle entsteht aus einem Doppeltier ein anderes.

worden, wie ich sie beispielsweise für *Aulacantha*, HAECKER für *Castanidium* und *Oroslena* feststellen konnte. Dazu kommt weiter, daß die einzelnen Kernelemente einen besonders hohen Grad der Selbständigkeit besitzen.

Schon im I. Teil meiner Arbeit kam dieser Gedanke zum Ausdruck, als ich bei Besprechung der Mitose von dem Fehlen eigentlicher Centrosomen sprach und die Möglichkeit in Betracht zog, daß vielleicht die unzähligen, an den äußeren Enden der Spindel liegenden kleinen Körperchen die fehlenden Centrosomen ersetzen, indem sie einen richtenden Einfluß auf die auseinanderrückenden einzelnen Kernsegmente ausüben. Statt des einen kinetischen Centrums auf jeder Seite nahm ich dabei das Bestehen einer der großen Zahl der Chromosomen entsprechenden Menge von Centren an.

Aber bei einem anderen Vorgange treten uns die hier nur andeutungsweise berührten besonderen Verhältnisse noch deutlicher vor Augen, und zwar bei der Gametenbildung der Triplyeen. In diesem Falle sehen wir den primären Kern sich in seine Komponenten, d. h. die einzelnen Chromosomen auflösen, die zu besonderen, sich durch Teilung vermehrenden kleinen Kerngebilden werden. So finden wir denn die sekundären Kerne im primären Kerne bereits enthalten oder doch präformiert, ähnlich wie CALKINS (1907, p. 226) es für *Amoeba proteus* angibt, nur, daß bei unserem Objekt die einzelnen Chromosomen selbst schon die Kernanlagen sind.

Nicht wesentlich anders liegen nach den Untersuchungen HAECKER'S (1907b) die Dinge bei *Oroslena*. So hebt HAECKER unter Hinweis auf die erwähnten Befunde von CALKINS hinsichtlich des Vorganges der Auflösung des generativen Kernes schon hervor, „daß die chromatischen Teile, in welche sich der Kern desintegriert, die Einzelknäuel oder Chromosomenanlagen des Primärkernes darstellen und also im Primärkern bereits als selbständige Elemente oder Individuen vorgebildet sind“.

Was weiter *Thalassicolla* betrifft, so verweise ich auf die Angaben von BRANDT (1905), wonach bei der Anisogametenbildung im Innern des Primärkernes kleine Sekundärkerne entstehen, die gruppenweise in das umgebende Protoplasma ausgestoßen werden. Ich erwähnte diese Beobachtung schon an einer früheren Stelle (S. 201). Im übrigen müssen nähere Untersuchungen noch zeigen, inwieweit die Thalassicollen sonst zum Vergleich herangezogen werden können.

Die Folgerung, die wir vor allen Dingen aus den bei *Oroslena*

und *Aulacantha* gemachten Beobachtungen ziehen können, ist, daß hier der primäre Kern gar kein einheitliches Gebilde ist, direkt vergleichbar dem Kern der großen Menge der ein- oder mehrzelligen Wesen, daß er vielmehr aus einer Unmenge einzelner sekundärer Kernanlagen zusammengesetzt erscheint, deren Gesamtheit im Ruhezustand zwar das Bild eines einfachen Kernes darbietet, der sich aber während gewisser Perioden der Fortpflanzung in die einzelnen Elemente auflöst.¹⁾

HARTMANN, der neuerdings bei anderen Formen ganz ähnliche Beobachtungen gemacht zu haben scheint, schlägt für diese Organisationsstufe des Kernes die Bezeichnung „polyenergider Kern“ vor.²⁾

Bei einer solchen Betrachtungsweise kommen wir aber zu einer von der bisher geläufigen Anschauungsform abweichenden Auffassung nicht nur bezüglich der Erscheinungen, wie sie sich bei der Gametenbildung von *Aulacantha* abspielen, sondern ebenso — worauf meine früheren Bemerkungen schon hindeuten und was auch von HARTMANN berührt wurde — hinsichtlich der Vorgänge bei der Mitose. Die Teilung des Primärkernes würde hier auf eine gleichzeitige Halbierung aller Einzelkerne hinauslaufen. Nicht minder aber sehen wir ferner die anderen Kernteilungsarten, für die uns bislang jeder vergleichbare Vorgang fehlt, nämlich die unter Kernfurchung und unter Bildung der Manschettenform verlaufenden Teilungen, in ein besonderes Licht gerückt. Auch das Schwanken der Chromosomenmenge endlich, das mit der Annahme einer Kontinuität der Chromosomenindividuen im Sinne der Individualitätshypothese nicht vereinbar ist, sowie die regulatorischen Prozesse, die ich in dem Wechsel der mitotischen und amitotischen Kernhalbierungen zu erkennen glaube, erscheinen von dem neu erlangten Standpunkte aus eher verständlich.

Wir gewinnen gleichzeitig aber auch einen anderen Gesichtspunkt für die Beurteilung der Beziehungen, die zwischen den monozoen großen Formen der Tripyleen und Colliden einerseits und den koloniebildenden Sphärozoöen andererseits bestehen. Bei den letzteren finden wir den Zustand des aufgelösten oder zerstreuten

¹⁾ Die voraufgegangenen Ausführungen über einen bestehenden „Kerndualismus“, der in der Sonderung der physiologisch verschiedenwertigen beiden Kernsubstanzen in die Erscheinung tritt, steht natürlich in keiner Weise im Widerspruch zu dieser Auffassung, ebenso hindert uns nichts, die Disintegrationsvorgänge, wie es oben geschah, unter dem Bilde der Chromidienbildung zu betrachten.

²⁾ Nach einer brieflichen Mitteilung des genannten Forschers.

Kernes, den wir bei den monozoen Arten nur im reproduktiven Stadium antreffen, gewissermaßen permanent geworden, also auch während der vegetativen Periode des Lebens bestehend. Die zahlreichen Einzelkerne sind hier nicht mehr in einem großen primären Kern miteinander vereinigt, sondern sie erscheinen als selbständige freie Kerngebilde. Bei der Schwärmerbildung verhalten sie sich wie die Disintegrationsprodukte des Primärkernes der monozoen Arten, sie stellen gleich diesen die Gametenmutterkerne dar, aus denen durch Teilung die Kerne der Gameten selbst hervorgehen. Zu dieser Art der Betrachtung stimmt es gut, daß die Zahl der Chromosomen, die bei der Kernteilung der Sphärozoöen zur Beobachtung kommt, eine ganz ähnlich niedrige ist wie bei den Gametenmutterkernen der daraufhin untersuchten monozoen Arten.

Von besonderem Interesse bei Behandlung dieser Frage sind noch die Untersuchungen von BRANDT (1902) über die Fortpflanzung von *Thalassophysa*. Bei den hierher gehörenden Formen vollzieht sich die Vermehrung in der Weise, daß sich die ursprünglich mit einem großen Kern ausgestattete Centralkapsel stark in die Länge streckt, wobei ein Zerfall des Kernes stattfindet. Das walzen- oder fadenförmige Gebilde, das auf solche Weise aus der Centralkapsel entsteht, zerfällt in kleinere Portionen, und schließlich resultiert ein Zustand, der uns in eine gemeinsame Gallerte eingebettet, Hunderte oder Tausende von kleinen mehrkernigen Individuen zeigt, so daß wir, wenn wir die Entstehungsgeschichte nicht kennen würden, annehmen müßten, wir hätten eine Sphärozoöenkolonie vor uns.

Leider wissen wir zurzeit nichts Näheres über die Art der Kernvermehrung, über den Verlauf der Vorgänge, die sich bei dem Übergang in den polyzoen Zustand an dem Primärkern vollziehen. BRANDT gibt an, es sei wahrscheinlich, daß sich in diesem Falle ähnliche Prozesse abspielen, wie bei der Anisosporenbildung von *Thalassicolla*. Auch wird noch erwähnt, daß zuzeiten Chromatinteilchen aus dem Kern austreten, während im Innern des Kernes noch Fäden chromatischer Substanz vorhanden sind. Es ist nach diesem wohl mit der Möglichkeit zu rechnen, daß sich auch bei *Thalassophysa* die Disintegration des Primärkernes als ein Zerfall in einzelne im Primärkern bereits vorgebildete Einheiten erweist.

Über das weitere Schicksal der Kolonialindividuen, ob sie sich direkt zu *Thalassophysen* entwickeln, oder ob sie zunächst in Schwärmer zerfallen, wissen wir noch nichts Genaueres. Nach der starken Kernvermehrung zu urteilen, sollten wir im Hinblick auf die Tripyleen und auf *Thalassicolla* wohl das letztere annehmen, um

so mehr, als BRANDT auch einen gewissen Dimorphismus der Individuen beobachtet hat. Es liegt entschieden sehr nahe, daran zu denken, daß die einzelnen mehrkernigen Kolonialindividuen von *Thalassophysa* in ihren Beziehungen zu den Vermehrungsvorgängen der Form den kernhaltigen Protoplasmaaballen entsprechen, wie sie bei der reproduktiven Fortpflanzung der Tripyleen durch Zerfall der Centralkapsel entstehen, und man wird auch wohl nicht fehlgehen in der Annahme, daß tatsächlich die so ähnlichen Erscheinungen in beiden Fällen eine ähnliche Bedeutung haben. Bei *Thalassophysa* scheint jedoch im Gegensatz zu *Aulacantha* dasselbe Individuum Macro- und Microgameten zu produzieren.¹⁾

Über den Bau des Kernes bei den Gattungen *Cytocladus* und *Thalassothamnus*, die HAECKER (1906 d) in der Familie der *Thalassothamnidae* vereinigt und mit den *Orosphaeridae* zusammen zu den Colliden stellt, liegen bisher nur einige kurze Angaben von SCHRÖDER (1906) und HAECKER (l. c.) vor, doch lassen diese unzweideutig erkennen, daß auch hier der Kern ein eigenartiges, kompliziert gebautes Gebilde ist.²⁾

In allerneuester Zeit sind nun auch noch die Acanthometriden, deren Kernverhältnisse MOROFF und STIASNY untersuchten, in den Kreis der Betrachtung gezogen worden. Eine kurze vorläufige Mitteilung über die Befunde,³⁾ die mir noch während der Korrektur meiner Arbeit durch die Freundlichkeit der Autoren zugänglich wurde, deutet darauf hin, daß wir unsere Auffassung der Organisation des Acanthometridenkörpers ebenfalls in Zukunft zu modifizieren haben werden. Die genannten beiden Forscher kommen nämlich zu dem Schluß, „daß die bisher als Einzeltiere betrachteten *Acanthometra* nicht einzelne Individuen, sondern Kolonien von

¹⁾ Daß bei *Thalassophysiden* außerdem auch einfache Zweiteilung zu beobachten ist, sei noch nebenbei erwähnt.

²⁾ Für den Kern von *Cytocladus* stellte SCHRÖDER fest, daß das Chromatin in runden Körpern konzentriert ist, von denen jeweils mehrere zu einer Gruppe in einer abgeflachten Masse stärker färbbaren Protoplasmas vereinigt sind. Die Chromatininseln liegen peripher, dicht unter der Kernmembran. HAECKER bestätigt im großen und ganzen die Angaben SCHRÖDER's, erwähnt aber außerdem noch bei *Cytocladus major* SCHRÖDER das Vorhandensein kleiner „nucleolenartiger Körper“ und schleifenförmiger Bildungen im Kernplasma, „welche an Chromosomen erinnern“. Bei *Thalassothamnus genista* HAECKER zeigt der Kern die nämlichen Verhältnisse wie bei *Cytocladus*.

³⁾ TH. MOROFF u. G. STIASNY: Über den Bau und die Fortpflanzung von *Acanthometra*. in: Centralbl. f. Physiol. Bd. XXII Nr. 19.

vielen Tieren darstellen, welche ihre Vermehrung innerhalb der Centralkapsel durchmachen¹⁾

Diese Auffassung gründet sich auf die Feststellung, daß die in der Centralkapsel von *Acanthometron pellucidum* J. M. zu beobachtenden, von anderen Autoren als Kerne angesprochenen Gebilde kleine Einzeltiere (Schizonten) sind, deren Kernapparat aus Macro- und Micronucleus besteht. Die Individuen vermehren sich durch Teilung, bis sie den Raum der Centralkapsel mehr oder minder vollständig erfüllen. Am Ende der vegetativen Lebensperiode erfolgt Gametenbildung. Durch Teilung der Schizontenkerne entstehen die Gametenkerne, die sich mit einem Quantum Protoplasma umgeben und als rundliche, mit zwei Geißeln versehene Schwärmer frei werden.

Die vorliegenden kurzen Mitteilungen der genannten beiden Autoren lassen sonstige Schlüsse noch nicht zu, bestätigen sich die Angaben aber, so wird das Bild, das wir uns heute von der Organisation des Radiolarienkörpers machen können, durch sie wesentlich vervollständigt. Wir würden, wenn wir die Haupttypen der Erscheinungen herausgreifen, im Hinblick auf die Kernverhältnisse unter den bislang untersuchten Formen eine Folge von einzelnen Organisationsstufen vor uns sehen: Bei den Tripyleen und den Colliden tritt uns ein in der Einzahl vorhandener aber zusammengesetzter („polyenergider“) Kern entgegen, dessen Elemente sich zu Beginn der reproduktiven Periode als selbständige Kerngebilde voneinander sondern. Zur dauernden Eigenschaft finden wir dieses letztere Stadium, den Zustand des zerstreuten Kernes, bei den Sphärozoöen geworden, wo die Centralkapsel auch während des vegetativen Lebens des Individuums schon zahlreiche Kerne enthält. Die Acanthometriden gehen auch über diese Entwicklungsstufe noch hinaus. Bei ihnen besitzt die Centralkapsel des vegetativen Tieres nicht nur zahlreiche Kerne, sondern die letzteren haben auch den höchsten Grad der Selbständigkeit erreicht, indem sie zu ebenso vielen besonderen Individuen gehören; dabei kommt in diesem Falle auch noch die Differenzierung des Kernapparates in einen gesonderten Macro- und Micronucleus hinzu.

¹⁾ Der gesperrte Druck einzelner Teile des Satzes rührt von mir her.

Literaturverzeichnis.

- AUERBACH, L. (1855): Über die Einzelligkeit der Amöben. in: Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 7 1855.
- BORGERT, A. (1891): Über die Dictyochiden, insbesondere über *Distephanus speculum*, sowie Studien an Phaeodarien. in: Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 51 1891.
- (1892): Vorbericht über einige Phaeodarien-(Tripyleen-)Familien der Plankton-Expedition. in: *Ergebn. der Plankton-Expedition der Humboldt-Stiftung* Bd. 1 (Reisebeschreibung) 1892.
- (1896 a): Zur Fortpflanzung der tripyleen Radiolarien (Phaeodarien). in: Zool. Anz. Bd. 19 1896.
- (1896 b): Fortpflanzungsverhältnisse bei tripyleen Radiolarien (Phaeodarien). in: *Verh. d. Deutsch. Zool. Ges., 6. Jahresversammlung zu Bonn 1896*.
- (1897): Beiträge zur Kenntnis des in *Sticholonche zanclea* und *Acanthometriden*-arten vorkommenden Parasiten (Spiralkörper *Fol*, *Amoebophrya* Köppen). in: *Zeitschr. f. wiss. Zool.* Bd. 63 1897.
- (1900): Untersuchungen über die Fortpflanzung der tripyleen Radiolarien, speziell von *Aulacantha scolymantha* H. I. Teil. in: *Zool. Jahrb., Abt. f. Anat. u. Ontog. der Tiere* Bd. 14 Heft 2 1900.
- (1901): Die nordischen Tripyleen-Arten. in: BRANDT, *Nordisches Plankton* Nr. 15. Kiel und Leipzig 1901.
- (1903): Mitteilungen über die Tripyleen-Ausbeute der Plankton-Expedition. II. Die Tripyleen-Arten aus den Schließnetzfangen. in: *Zool. Jahrb., Abt. f. Systematik etc.* Bd. 19 1903.
- (1905): Die Tripyleen-Radiolarien der Plankton-Expedition. *Tuscaroridae*. in: *Ergebn. d. Plankton-Expedition der Humboldt-Stiftung* Bd. III L. h. 2 1905.
- (1906): Die Tripyleen-Radiolarien der Plankton-Expedition. *Medusettidae*. in: *Ergebn. d. Plankton-Expedition der Humboldt-Stiftung* Bd. III L. h. 4 1906.
- (1907): Die Tripyleen-Radiolarien der Plankton-Expedition. *Concharidae*. in: *Ergebn. d. Plankton-Expedition der Humboldt-Stiftung* Bd. III L. h. 5 1907.
- BRANDT, K. (1885): Die koloniebildenden Radiolarien (*Sphaerozoöen*) des Golfes von Neapel. in: *Fauna und Flora des Golfes von Neapel*. XIII. Monographie. 1885.
- (1890): Neue Radiolarienstudien. in: *Mitteilungen d. Vereins Schlesw.-Holstein. Ärzte* 12. Heft 1890.
- (1902): Beiträge zur Kenntnis der Colliden (I und II). in: *Arch. f. Protistenk.* Bd. 1 1902.
- (1905): Beiträge zur Kenntnis der Colliden, 2. Abhandlung (III). in: *Arch. f. Protistenk.* Bd. 6 1905.
- CALKINS, G. N. (1904): Evidences of a sexual-cycle in the life-history of *Amoeba proteus*. in: *Arch. f. Protistenk.* Bd. 5 1904.
- (1907): The fertilization of *Amoeba proteus*. in: *Biological Bulletin* Vol. XIII No. 4, September 1907.
- CHILD, C. M. (1907 a): Studies on the relation between Amitosis and Mitosis. I bis V. in: *Biological Bulletin* Vol. XII u. XIII 1907.
- (1907 b): Amitosis as a factor in normal and regulatory growth. in: *Anat. Anz.* Bd. XXX 1907.

- DOFFLIN, F. (1907): Studien zur Naturgeschichte der Protozoen. V. Amöbenstudien. I. Teil. in: Arch. f. Protistenk., Suppl. I (Festband für R. HERTWIG) 1907.
- ELPATIEWSKY, W. (1907): Zur Fortpflanzung von *Arcella vulgaris* EHREG. in: Arch. f. Protistenk. Bd. 10 1907.
- FARMER, J. B. and SHOVE, D. (1905): On the structure and development of the somatic and heterotype chromosomes of *Tradescantia virginiana*. in: Quart. Journ. of microsc. Sc. (N. S.) Vol. 48 1905.
- FRENZEL, J. (1882): Über Bau und Tätigkeit des Verdauungskanal der Larve des *Tenebrio molitor* etc. in: Berliner entomolog. Zeitschr. Bd. 26 1882.
- (1886): Einiges über den Mitteldarm der Insekten sowie über Epithelregeneration. in: Arch. f. mikr. Anat. Bd. 26 1886.
- GOLDSCHMIDT, R. (1905): Die Chromidien der Protozoen. in: Arch. f. Protistenk. Bd. 5 1905.
- (1907): Lebensgeschichte der Mastigamöben *Mastigella vitrea* n. sp. und *Mastigina setosa* n. sp. in: Arch. f. Protistenk., Suppl. I (Festband für R. HERTWIG) 1907.
- GREEFF, R. (1866): Über einige in der Erde lebende Amöben und andere Rhizopoden. in: Arch. f. mikr. Anat. Bd. 2 1866.
- GRUBER, A. (1883): Über Kernteilungsvorgänge bei einigen Protozoen. in: Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 38 1883.
- (1894): Amöben-Studien. in: Ber. d. naturf. Ges. zu Freiburg Bd. 8 1894.
- HADŽI, J. (1907): Über intranucleäre Kristallbildung bei *Tubularia*. in: Zool. Anz. Bd. 31 1907.
- HAECKEL, E. (1862): Die Radiolarien (*Rhizopoda radiaria*). Eine Monographie. Berlin 1862.
- (1887): Report on the Radiolaria collected by H. M. S. Challenger during the years 1873—1876. in: Report on the scientific results of the voyage of H. M. S. Challenger. Zoology Vol. XVIII 1887.
- (1888): Die Radiolarien (*Rhizopoda radiaria*). Eine Monographie. 3. u. 4. Teil. Die Acantharien und Phaeodarien. 1888.
- HAECKER, V. (1900): Mitosen im Gefolge amitosenähnlicher Vorgänge. in: Anat. Anz. Bd. XVII Nr. 1 1900.
- (1904): Bericht über die Tripyleen-Ausbeute der Deutschen Tiefsee-Expedition. (Erste Mitteilung.) in: Verh. d. Deutsch. Zool. Ges., 14. Jahresversammlung zu Tübingen 1904.
- (1905): Finales und Causales über das Tripyleenskelet. Dritte Mitteilung über die Tripyleen der „Valdivia“-Ausbeute. in: Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 83 1905.
- (1906a): Zur Kenntnis der Challengeriden. Vierte Mitteilung über die Tripyleen-Ausbeute der deutschen Tiefsee-Expedition. in: Arch. f. Protistenk. Bd. 7 1906.
- (1906b): Zur Kenntnis der Castanelliden und Porospathiden. Fünfte Mitteilung über die Tripyleen der „Valdivia“-Ausbeute. in: Arch. f. Protistenk. Bd. 8 1906.
- (1906c): Über die Mittel der Formbildung im Radiolarienkörper. Sechste Mitteilung über die Tripyleen der „Valdivia“-Ausbeute. in: Verh. d. Deutsch. Zool. Ges., 16. Jahresversammlung zu Marburg 1906.
- (1906d): Über einige große Tiefsee-Radiolarien. Siebente Mitteilung über die Radiolarien der „Valdivia“-Ausbeute. in: Zool. Anz. Bd. 30 Nr. 26 1906.

- HAECKER, V.** (1907 a): Zur Statik und Entwicklung des Coelographidenskeletes. Achte Mitteilung über die Radiolarien der „Valdivia“-Ausbeute. in: Arch. f. Protistenk. Bd. 9 1907.
- (1907 b): Über Chromosomen- und Sporenbildung bei Radiolarien. Zehnte Mitteilung über die Radiolarien der „Valdivia“-Ausbeute. in: Verh. d. Deutsch. Zool. Ges., 17. Jahresversammlung zu Rostock und Lübeck 1907.
- (1907 c): Die Chromosomen als angenommene Vererbungsträger. in: Ergebn. u. Fortschr. d. Zool. Bd. I Heft 1 1907.
- HARTMANN, M. u. PROWAZEK, S.** (1907): Blepharoplast, Caryosom und Centrosom. Ein Beitrag zur Lehre von der Doppelkernigkeit der Zelle. in: Arch. f. Protistenk. Bd. 10 1907.
- HERTWIG, R.** (1876): Zur Histologie der Radiolarien. Untersuchungen über den Bau und die Entwicklung der Sphaerzoiden und Thalassicolliden. Leipzig 1876.
- (1879): Der Organismus der Radiolarien. Jena 1879.
- (1898): Über Kernteilung, Richtungskörperbildung und Befruchtung von Actinosphaerium Eichhorni. in: Abh. d. k. bayr. Akad. d. Wiss. II. Kl. Bd. XIX Abt. III 1898.
- (1902): Die Protozoen und die Zelltheorie. in: Arch. f. Protistenk. Bd. 1 1902.
- IMMERMANN, F.** (1903): Über Fremdkörperskelete bei Aulacanthiden. in: Zool. Anz. 27. Jahrg. 1903.
- (1904): Die Tripyleen-Familie der Aulacanthiden der Plankton-Expedition. in: Ergebn. d. Plankton-Expedition der Humboldt-Stiftung Bd. III L. h. 1904.
- KARAWAIEW, W.** (1895): Beobachtungen über die Struktur und Vermehrung von Aulacantha scolymantha HAECK. in: Zool. Anz. 18. Jahrg. 1895.
- (1896): Beobachtungen über Radiolarien. in: Schriften d. naturf. Ges. Kiew Bd. 14 Heft 2 1896. (Russisch mit deutscher Tafelerklärung.)
- LAUTERBORN, R.** (1895): Protozoenstudien. I. Kern- und Zellteilung von Ceratium hirundinella O. F. M. in Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 59 1895.
- LENHOSSEK, M. v.** (1897): Beiträge zur Kenntnis der Zwischenzellen des Hodens. in: Arch. Anat. u. Physiol., Anat. Abt., Jahrg. 1897.
- LIST, TH.** (1897): Über die Entwicklung von Proteinkristalloiden in den Kernen der Wanderzellen bei Echiniden. in: Anat. Anz. Bd. XIV 1897.
- MINGAZZINI, P.** (1889): Ricerche sul canale digerente delle larve dei Lamellicorni fitofagi. in: Mitteil. a. d. Zool. Station zu Neapel Bd. 9 Heft 1 1889.
- MONTGOMERY, TH. H.** (1905): The spermatogenesis of Syrbula and Lycosa with general considerations upon chromosome reduction and the heterochromosomes. in: Proc. Acad. nat. Sc. Philadelphia 1905.
- MOORE, JOHN E. S.** (1893): Observations upon Amoeba, with especial reference to the existence of an apparent Micronucleus in that organism. in: Annals and mag. of nat. hist. Vol. XI 6. Ser. No. 62 1893.
- MURRAY, J.** (1885): Narrative of the cruise of H. M. S. Challenger. in: Report on the scientific results of the voyage of H. M. S. Challenger during the years 1873—1876 Vol. I First Part. 1885.
- PATTERSON, J. THOS.** (1908): Amitosis in the pigeon's egg. in: Anat. Anz. Bd. XXXII 1908.
- PFEFFER, W.** (1899): Über die Erzeugung und die physiologische Bedeutung der Amitose. in: Ber. d. kgl. sächs. Ges. d. Wiss. zu Leipzig. Math.-phys. Kl. 1899.

- PRANDTL, H. (1905): Reduktion und Karyogamie bei Infusorien. in: Biol. Centralbl. Bd. 25 Nr. 5 1905.
- (1906): Die Conjugation von *Didinium nasutum* O. F. M. in: Arch. f. Protistenk. Bd. 7 1906.
- (1907): Der Entwicklungskreis von *Allogromia* sp. in: Arch. f. Protistenk. Bd. 9 1907.
- PROWAZEK, S. (1904): Die Entwicklung von *Herpetomonas*, einem mit den Trypanosomen verwandten Flagellaten. in: Arb. a. d. Kais. Gesundheitsamte Bd. 20 Heft 3 1904.
- (1905a): Studien über Säugetiertrypanosomen. in: Arb. a. d. Kais. Gesundheitsamte Bd. 22 Heft 2 1905.
- (1905b): Über den Erreger der Kohlhernie *Plasmodiophora brassicae* Woronin und die Einschlüsse in den Carcinomzellen. in: Arb. a. d. Kais. Gesundheitsamte Bd. 22 Heft 2 1905.
- (1907): Chlamydozoa. I. Zusammenfassende Übersicht. in: Arch. f. Protistenk. Bd. 10 1907.
- RENGEL, C. (1897): Über die Veränderungen des Darmepithels bei *Tenebrio molitor* während der Metamorphose. in: Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 62 1897.
- RHUMBLER, L. (1901): Nordische Plankton-Foraminiferen. in: BRANDT, Nordisches Plankton, XIV 1901.
- SCHAUDINN, F. (1895): Über den Dimorphismus der Foraminiferen. in: Sitz.-Ber. d. Ges. naturf. Freunde zu Berlin 21. Mai 1895.
- (1896): Über das Centralkorn der Heliozoen, ein Beitrag zur Centrosomenfrage. in: Verh. d. Deutsch. Zool. Ges. 6. Jahresvers. zu Bonn 1896.
- (1900): Untersuchungen über den Generationswechsel bei Coccidien. in: Zool. Jahrb. Bd. 13 1900.
- (1903): Untersuchungen über die Fortpflanzung einiger Rhizopoden. in: Arb. a. d. Kais. Gesundheitsamte Bd. 19 Heft 3 1903.
- (1904): Generations- und Wirtswechsel bei *Trypanosoma* und *Spirochaete*. in: Arb. a. d. Kais. Gesundheitsamte Bd. 20 Heft 3 1904.
- (1905): Neuere Forschungen über die Befruchtung bei Protozoen. in: Verh. d. Deutsch. Zool. Ges. 15. Jahresvers. zu Breslau 1905.
- SCHOUTEDEN, H. (1907): La formation des spores chez les *Thalassicola* (Radiolaires). in: Annales de la Soc. Roy. Zool. et Malacologique de Belgique T. XLII 1907.
- SCHRÖDER, O. (1906): Neue Radiolarien der Deutschen Südpolar-Expedition. in: Deutsche Südpolar-Expedition 1901—1903 Bd. IX, Zoologie I, 1906.
- SIEDLECKI, M. (1899): Étude cytologique et cycle évolutif de *Adelea ovata* SCHNEIDER. in: Ann. Inst. Pasteur 1899.
- SJÖVALL, E. (1901): Über die Spinalganglienzellen des Igels. in: Anatom. Hefte 1. Abt. Bd. 18 1901.
- STRASBURGER, E. (1905): Typische und allotypische Kernteilung. Ergebnisse aus Erörterungen (I. Teil von Hist. Beitr.) in: Jahrb. f. wiss. Bot. Vol. 42 1905.
- VAHLKAMPF, E. (1905): Beiträge zur Biologie und Entwicklungsgeschichte von *Amoeba limax* einschließlich der Züchtung auf künstlichen Nährböden. in: Arch. f. Protistenk. Bd. 5 1905.
- VOM RATH, O. (1891): Über die Bedeutung der amitotischen Kernteilung im Hoden. in: Zool. Anz. Bd. 14 1891.

- VOM RATH, O. (1895): Über den feineren Bau der Drüsenzellen des Kopfes von *Anilocra mediterranea* LEACH im speziellen und die Amitosenfrage im allgemeinen. in: Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 60 1895.
- WILSON, E. B. (1905): Studies on chromosomes. I. The behavior of the idiochromosomes in Hemiptera. in: Journ. exper. Zool. Vol. 2 Aug. 1905.
- WINIWARTER, H. v. (1900): Recherches sur l'ovogénèse et l'organogénèse de l'ovarie des Mammifères (LAPIN et HOMME). in: Arch. Biol. Vol. 17 1900.
- WINTER, F. W. (1907): Zur Kenntnis der Thalamophoren. I. Untersuchung über *Peneroplis pertusus* (FORSKÅL). in: Arch. f. Protistenk. Bd. 10 1907.
- ZIEGLER, H. E. (1891): Die biologische Bedeutung der amitotischen (direkten) Kernteilung im Tierreich. In: Biol. Centralbl. Bd. XI 1891.
- ZIEGLER, H. E. u. VOM RATH, O. (1891): Die amitotische Kernteilung bei den Arthropoden. in: Biol. Centralbl. Bd. XI Nr. 24 1891.
- ZWEIGER, H. (1906): Die Spermatogenese von *Forficula auricularia* L. in: Jen. Zeitschr. f. Naturw. Vol. 42 1906.

Tafelerklärung.

Tafel XI.

Aulacantha. Fig. 1 bis 7 Manschettenstadium des Kernes, Fig. 8 bis 11 Kernfurchung. Vergrößerung bei sämtlichen Figuren 300fach.

Fig. 1 bis 3. Frühes Entwicklungsstadium der Manschettenform des Kernes (gleicher Zustand des Kernes wie in Textfigur L, M und N, Seite 156 u. 157). Fig. 1. Querschnitt durch die orale Partie der Centralkapsel. Fig. 2. Die gleiche Centralkapsel an der höchsten Stelle der aboralen Einbuchtung getroffen. Fig. 3. Ein Querschnitt näher dem aboralen Pole.

Fig. 4 bis 7. Späterer Kernzustand (etwa gleiche Entwicklungsphase wie in den Textfiguren P, Q und R, Seite 160). Fig. 4. Medianer Längsschnitt durch eine Centralkapsel. Die vorher parallel gerichteten Kernplatten sind in einem flachen Winkel gegeneinander geneigt. Am Rande der Figur links unten die eine der beiden primären Parapylen. Fig. 5, 6 und 7. Querschnitte durch eine andere Centralkapsel. Die drei dargestellten Schnitte entstammen den gleichen Kernregionen wie die in Fig. 1 bis 3 wiedergegebenen. Die Kernplatten lassen hier wie auch schon bei Fig. 4 in den äußeren Partien deutlich die beginnende Einkrümmung der Ränder und Abrundung der Kernhälften erkennen (vgl. besonders Fig. 5).

Fig. 8 und 9. Zwei Querschnitte durch eine Centralkapsel im Beginne der Kernfurchung (etwas späteres Stadium als in Textfigur A, Seite 137). Fig. 8. Schnitt durch die aborale Partie des Kernes. Am Rande rechts und links die beiden primären Parapylen. Fig. 9. Schnitt aus der Gegend der Kernmitte.

Fig. 10. Weiter fortgeschrittene Phase der Kernfurchung (ungefähr der gleiche Zustand des Kernes wie in Textfigur K, Seite 144); medianer Längsschnitt durch die Centralkapsel. Die beiden Kernhälften stehen kurz vor der Trennung.

Fig. 11. Etwas schief gerichteter medianer Längsschnitt durch ein noch späteres Entwicklungsstadium. Die Tochterkernanlagen haben sich voneinander getrennt, ihre völlige Abrundung steht bevor.

Tafel XII.

Aulacantha. Kernfurchung.

Vergrößerung bei sämtlichen Figuren 200fach.

Die vier Bilder der einzelnen horizontalen Reihen beziehen sich auf je eine Entwicklungsphase des Kernes und stellen Querschnitte aus verschiedenen Gegenden derselben Centralkapsel dar. Der erste Schnitt entstammt überall der oralen Partie, der letzte dem aboralen Teile der Centralkapsel; die beiden mittleren Figuren geben Schnitte aus der dazwischen liegenden Region wieder. Die Schnitte sind so ausgewählt, daß die Bilder innerhalb der einzelnen Reihen einander entsprechen und somit ein leichter Überblick über die aufeinander folgenden Veränderungen des Kernes bei den abgebildeten Entwicklungsstadien durch einen Vergleich der übereinander stehenden Figuren ermöglicht wird.

Fig. 12 bis 15. Gleicher Entwicklungszustand wie in der Textfigur F (Seite 140).

Fig. 16 bis 19. Stadium der Textfiguren G und H (Seite 142).

Fig. 20 bis 23. Derselbe Zustand, den die Textfiguren J und K (Seite 144) zeigen.

Tafel XIII.

Aulacantha. Direkte Kernteilung.

Fig. 24. Vollständiges Exemplar mit zwei durch Teilung entstandenen Centralkapseln; die eine derselben (links) im Begriff, sich unter Amitose abermals zu teilen. Parakarminfärbung. Vergr. 100fach.

Fig. 25. Querschnitt durch eine zweikernige Centralkapsel. Die Tochterkerne liegen noch unmittelbar zusammen und zeigen den Bau des ruhenden Kernes (grob spongiöse Struktur). Am rechten unteren Rande ist eine der beiden sekundären Parapylen sichtbar. Die Kapselmembran zeigt eine Unterbrechung in der Teilungsebene. Eisenhämatoxylinfärbung. Vergr. 300fach.

Fig. 26. Etwas späteres Teilungsstadium, äquatorialer Querschnitt. Die Kerne haben sich schon mehr abgerundet, das Chromatingerüst ist feiner und dichter geworden (Übergang zur Fadenstruktur). Eisenhämatoxylinfärbung. Vergr. 300fach.

Fig. 27. Querschnitt durch die gleiche Centralkapsel näher dem aboralen Pole. Links oben und rechts unten am Rande der Figur die beiden primären Parapylen. Eisenhämatoxylinfärbung. Vergr. 300fach.

Fig. 28. Querschnitt durch die in Teilung begriffene Astropyle. Es sind deutlich zwei Centren zu erkennen, um die sich die radiären Lamellen anzuordnen beginnen. Eisenhämatoxylinfärbung. Vergr. 300fach.

Fig. 29. Querschnitt durch ein noch späteres Teilungsstadium der Centralkapsel. Die Kerne sind etwas weiter auseinandergerückt und haben sich mehr abgerundet. Die Chromatinstränge haben sich in dünne Fäden aufgelöst, die noch die ursprüngliche radiäre Anordnung erkennen lassen. Am Rande des Schnittes, links unten und rechts oben, die beiden neu ausgebildeten Parapylen. Eisenhämatoxylinfärbung. Vergr. 300fach.

Fig. 30. Querschnitt durch die Hauptöffnung der gleichen Centralkapsel und das umgebende Phaeodium. Die Durchteilung hat weitere Fortschritte gemacht; es sind schon zwei gesonderte Strahlensysteme entwickelt. Eisenhämatoxylinfärbung. Vergr. 300fach.

Fig. 31. Centralkapsel mit drei durch direkte Teilung entstandenen Kernen. Außer einem Teil des Phaeodiums sieht man Abschnitte der aus dem Pigmenthaufen austretenden Radialstacheln. Parakarminfärbung. Vergr. 100 fach.

Fig. 32. Äquatorialer Querschnitt durch die gleiche Centralkapsel. Die bereits gut abgerundeten Kerne im Beginn des Überganges von der grob spongiösen zur fein spongiösen Struktur. Parakarminfärbung. Vergr. 300 fach.

Fig. 33. Etwas schief gerichteter Querschnitt durch die in Dreiteilung begriffene Astropyle derselben Centralkapsel. Man erkennt deutlich die drei Centren mit ihren ineinander greifenden Strahlensystemen. Parakarminfärbung. Vergr. 300 fach.

Tafel XIV.

Aulacantha. Gametenbildung. Disintegration des Primärkernes.

Fig. 34. Der Primärkern beginnt, sich aufzulösen; im umgebenden Endoplasma treten Chromosomenbläschen auf. Eisenhämatoxylinfärbung. Vergr. 300 fach.

Fig. 35. Der Primärkern hat stark an Größe abgenommen; in seinem Innern ist ein großer, von zahlreichen Vacuolen durchsetzter Binnenkörper sichtbar. Die Menge der in Bildung begriffenen Kleinkerne hat sich vermehrt. Eisenhämatoxylinfärbung. Vergr. 300 fach.

Fig. 36. Der Primärkern hat sein Chromatin bis auf kleine Reste abgegeben. Der Binnenkörper ist noch erhalten. Die kleinen Kerngebilde im umgebenden Endoplasma erscheinen infolge einer mehr diffusen Färbung relativ groß. Parakarminfärbung. Vergr. 300 fach.

Fig. 37. Der Binnenkörper ist zerfallen, die Reste des Primärkernes weisen nur noch geringe Mengen chromatischer Substanz auf, die in Bröckchen und Fäden durch die Masse verteilt sind. Die Zahl der Kleinkerne hat weiter zugenommen, die meisten in Teilung begriffen. Eisenhämatoxylinfärbung. Vergr. 300 fach.

Fig. 38. Sector aus einem Schnitt durch ein späteres Stadium. Im Centrum der Centralkapsel (oberer Teil der Figur) an Stelle des Primärkernes eine gröber strukturierte Plasmamasse, in der größere Vacuolen vermischt werden. Die chromatische Substanz des Primärkernes in Form zahlloser kleiner und kleinster Körnchen durch das Endoplasma verteilt. Eisenhämatoxylinfärbung. Vergr. 900 fach.

Fig. 39. Medianer Längsschnitt durch eine Centralkapsel, deren Primärkern vollkommen zerstreut ist. Die zahlreichen Kleinkerne überall durch das Endoplasma verteilt. Die Öffnungen der Centralkapselmembran, von denen die Astropyle im Längsschnitt sichtbar ist, noch erhalten. Eisenhämatoxylinfärbung. Vergr. 300 fach.

Tafel XV.

Aulacantha. Gametenbildung.

Detailbilder zu den auf voriger Tafel dargestellten Stadien.

Fig. 40. Sector aus einem Schnitt durch den Binnenkörper, in dessen wabige Grundmasse größere und kleinere Vacuolen eingebettet sind. Der Inhalt der Vacuolen und die außerhalb des Binnenkörpers gelegenen Protoplasamassen zeigen etwa die gleiche Struktur. Parakarminfärbung. Vergr. 900 fach.

Fig. 41. Kernrest mit zerfallendem Binnenkörper. Eisenhämatoxylinfärbung. Vergr. 300 fach.

Fig. 42. Chromosomenbläschen. (Detail zu Fig. 34). Eisenhämatoxylinfärbung. Vergr. 900 fach.

Fig. 43. Direkte Teilung der Kleinkerne. Eisenhämatoxylinfärbung. Vergr. 900fach.

Fig. 44. Die Kleinkerne in Auflösung; das Endoplasma ist dicht mit größeren und kleineren Chromatinpartikeln durchsetzt. Eisenhämatoxylinfärbung. Vergr. 900fach.

Fig. 45. Kleinkerne im Knäuelstadium (im oberen Teile der Figur ein einzelner in Teilung begriffener Kern). Parakarminfärbung. Vergr. 900fach.

Fig. 46. Einige Kleinkerne im Knäuelstadium, stärker vergrößert. (Detail zu Fig. 39.) Eisenhämatoxylinfärbung. Vergr. 1700fach.

Fig. 47. Kleinkerne in mitotischer Teilung. (Der Primärkern war in diesem Falle noch nicht vollkommen aufgelöst, die Teilungsfiguren zeichnen sich durch relativ bedeutende Größe aus.) Eisenhämatoxylinfärbung. Vergr. 1700fach.

Fig. 48. Kleinkerne in mitotischer Teilung; aus einem späteren Entwicklungsstadium. (Die Teilungsfiguren sind kleiner als in der vorigen Figur; der Primärkern war bereits vollständig zerfallen.) Parakarminfärbung. Vergr. 1700fach.

Tafel XVI.

Aulacantha. Gametenbildung. Spätere Stadien.

Fig. 49. Stadium der Macrogametenbildung. Ganzes Individuum. Die Centralkapsel ist zerfallen, der Hohlraum des Skeletes ist mit größeren und kleineren Protoplasmaballen erfüllt. Das Phaeodium ist verschwunden. Salzsäurekarmin (keine Kernfärbung). Vergr. 100fach.

Fig. 50. Stadium der Microgametenbildung. Einzelner Ballen in Oberflächenansicht. Man erkennt unzählige kleine Kristalloide, die in Gruppen zusammenliegen. Die Kerne heben sich infolge blasser Tinktion nur unscharf gegen ihre Umgebung ab. Salzsäurekarminfärbung. Vergr. ca. 400fach.

Fig. 51. Schnitt durch einen etwas kleineren derartigen Ballen. Die Kerne liegen dicht gedrängt und lassen nur geringe von Protoplasma erfüllte Zwischenräume zwischen sich. Die Kerne zeigen in ihrem Innern unregelmäßige Brocken und Stränge chromatischer Substanz. Die Kristalloide fehlen, weil sie durch die bei der Färbung verwandten Flüssigkeiten aufgelöst sind. Eisenhämatoxylinfärbung. Vergr. 900fach.

Fig. 52. Eine Anzahl stärker vergrößerter Kerne mit Kristalloiden aus einem Quetschpräparat; schwach gefärbt. Salzsäurekarminfärbung (keine deutliche Chromatintinktion). Vergr. 1700fach.

Fig. 53. Stadium der Macrogametenentwicklung. Schnitt durch einen einzelnen durch Zerfall der Centralkapsel gebildeten Ballen. Die Kerne sind weit weniger zahlreich als bei den entsprechenden Zuständen der Microgametenbildung. Die Masse des Protoplasmas, in das die Kerne eingebettet sind, ist relativ groß. Die Kerne zeigen Knäuelstruktur. Das Chromatin ist in Gestalt geschlängelter Fäden durch den Kernraum verteilt. Kristalloide fehlen. Eisenhämatoxylinfärbung. Vergr. 900fach..

Fig. 54. Stadium der Macrogametenbildung. Totalbild eines späteren Entwicklungszustandes. Aus den vorher vorhandenen größeren Ballen (vgl. Fig. 49) sind durch weitere Teilung zahlreiche kleinere Kügelchen entstanden. Das Skelet ist im Begriff auseinander zu fallen. Das Freiwerden der Schwärmer steht offenbar nahe bevor. Eisenhämatoxylinfärbung. Vergr. 100fach.

Fig. 55. Bildung der kleineren Kügelchen durch Zerfall der größeren Ballen. Eisenhämatoxylinfärbung. Vergr. 300fach.

Fig. 56. Protoplasmafaden mit zahlreichen Kernen aus dem in Fig. 54 abgebildeten Exemplar, augenscheinlich nicht zum Tiere selbst gehörend, sondern von außen stammend. Eisenhämatoxylinfärbung. Vergr. 300fach.

Tafel XVII.

Fig. 57 bis 63 Caementelliden, Fig. 64 bis 67 Phaeodiniden, Fig. 68 *Thalassicolla*.

Fig. 57. Zwei Caementelliden, Totalbild. Der Weichkörper mit zahlreichen *Dictyocha*-Gehäusen und feinen Kieselstacheln bedeckt. Ungefärbtes Präparat. Bei gleicher Vergrößerung wie die Totalabbildungen von *Aulacantha* auf Taf. XIII und XVI gezeichnet. Vergr. 100fach.

Fig. 58—61. Schnitte durch Centralkapseln von Caementelliden. Verschiedene Kernzustände. Doppelfärbung mit Hämatoxylin und Eosin. Vergr. 500fach.

Fig. 62. Medianer Längsschnitt durch ein wesentlich größeres vollständiges Exemplar, das sich in Gametenbildung befindet. Der Primärkern hat sich vollständig zerstreut. (Vgl. das auf Taf. XIV, Fig. 39 abgebildete entsprechende Stadium von *Aulacantha*.) Eisenhämatoxylinfärbung. Vergr. 300fach.

Fig. 63. Teil aus dem vorigen Schnitt stärker vergrößert. Man sieht von den Kleinkernen mehrere in Teilung begriffen, andere im Knäuelstadium. Eisenhämatoxylinfärbung. Vergr. 1700fach.

Fig. 64. Zwei Phaeodiniden, Totalabbildung. Die Körperoberfläche nur mit vereinzelt Kieselstäbchen usw. bedeckt. Parakarminfärbung. Gleiche Vergrößerung wie bei Fig. 57. Vergr. 100fach.

Fig. 65. Ein Exemplar stärker vergrößert. Man sieht, daß die Centralkapsel außer dem Kern zahlreiche Phaeodellen enthält. Parakarminfärbung. Vergr. 500fach.

Fig. 66. Ein anderes in Teilung begriffenes Individuum der gleichen Form. Auch hier außer den dichten extracapsularen Phaeodiummassen solche im Innern der Centralkapsel. Parakarminfärbung. Vergr. 500fach.

Fig. 67. Eine Phaeodinide (?) von unregelmäßiger Körperform mit verschiedenen durch das extracapsulare Protoplasma zerstreuten kieseligen Fremdkörpern. Teilungszustand mit drei Kernen im Innern der Centralkapsel. Boraxkarminfärbung. Vergr. 500fach.

Fig. 68. Partie aus einem Schnitt durch die Centralkapsel einer in Anisosporenbildung begriffenen *Thalassicolla*. Die Kleinkerne (Gametenmutterkerne) in Teilung oder im vorbereitenden Knäuelstadium. Die Zusammengruppierung der Kerne zu radiär gerichteten Strängen oder Schläuchen tritt an dem hier abgebildeten kleinen Teil des Schnittes nicht zutage.



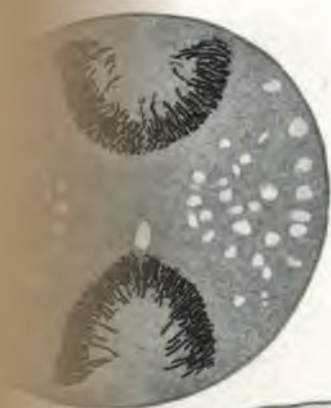


Fig. 4.



Fig. 7.



Fig. 10.



Fig. 11.



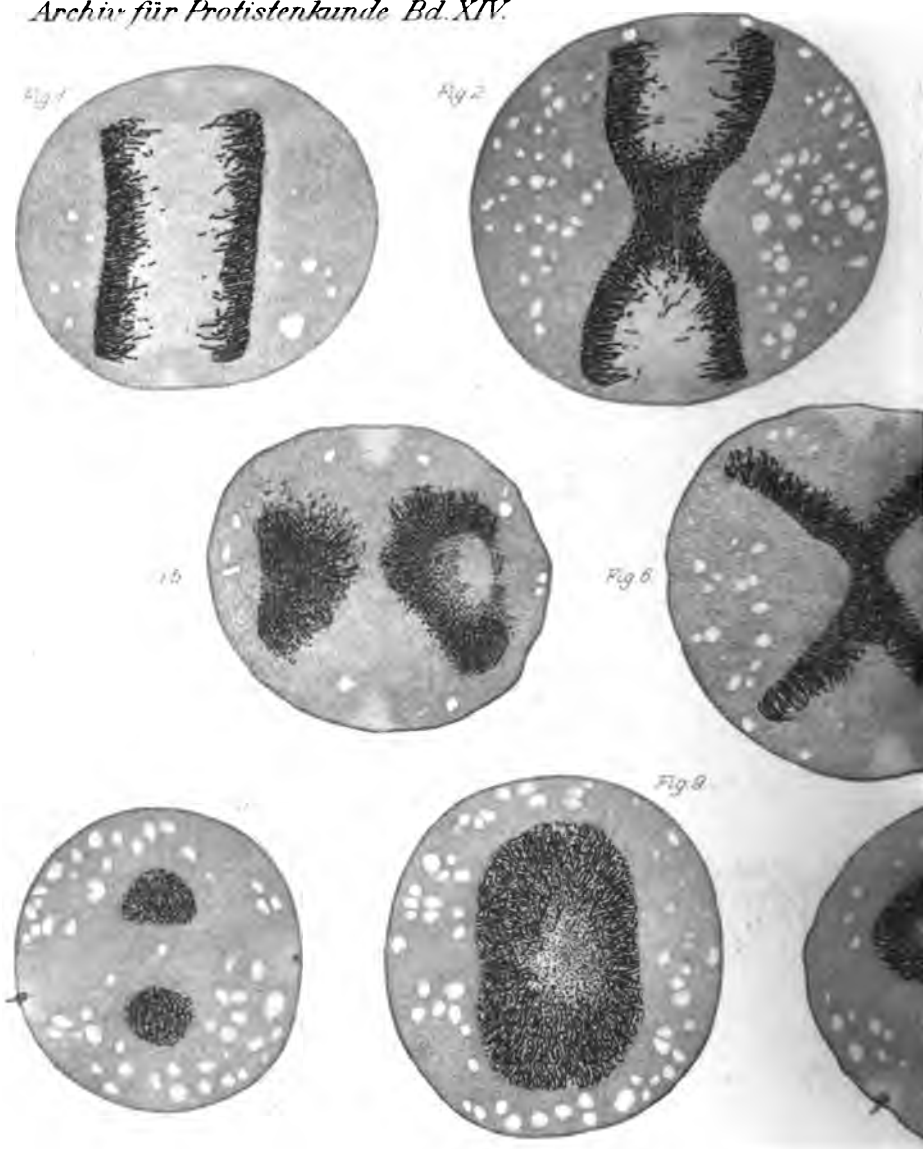


Fig. 3



Fig. 4

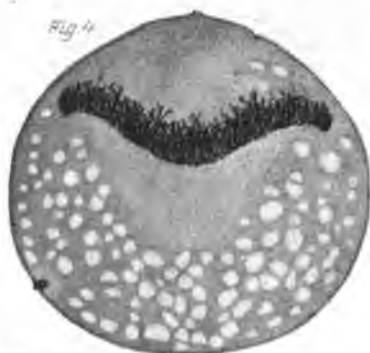


Fig. 7

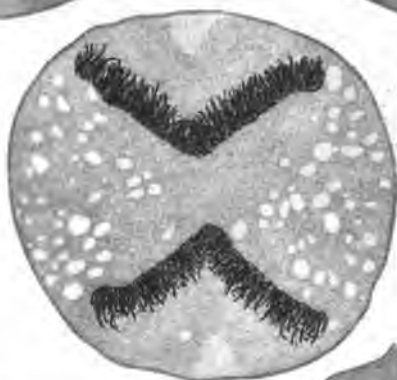
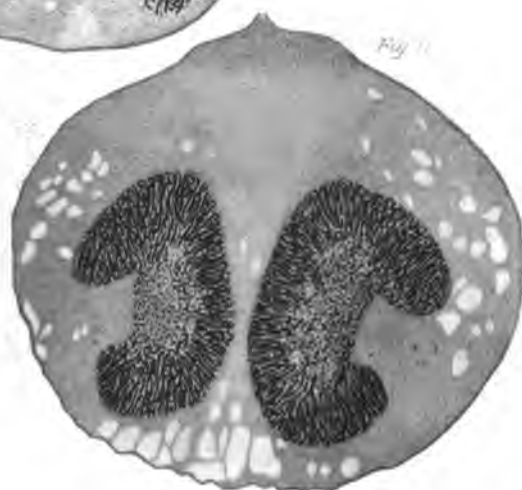
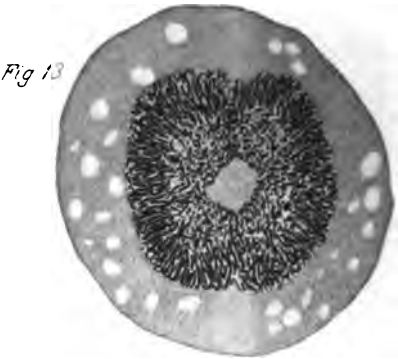
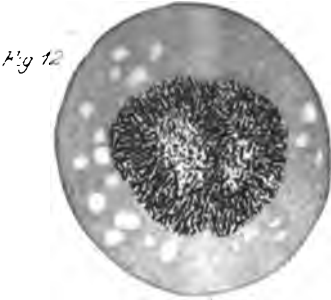


Fig. 10



Fig. 11





F.

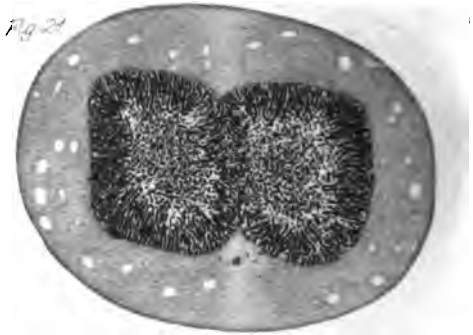
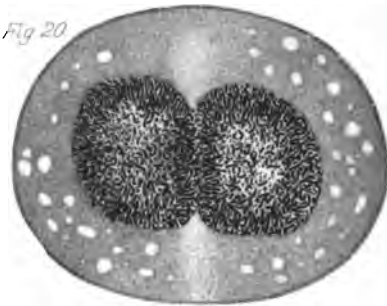
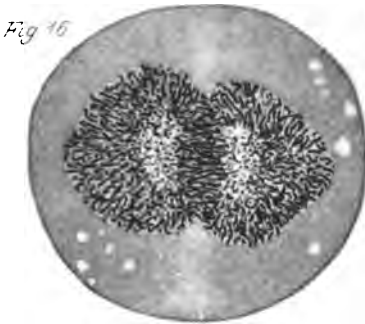


Fig. 14.



Fig. 15.

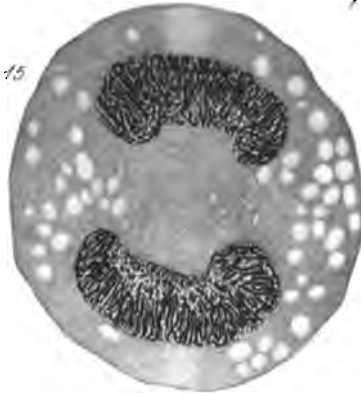


Fig. 18.



Fig. 19.

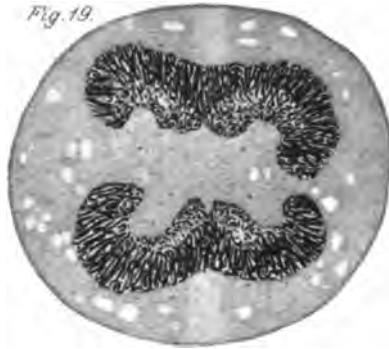


Fig. 22.

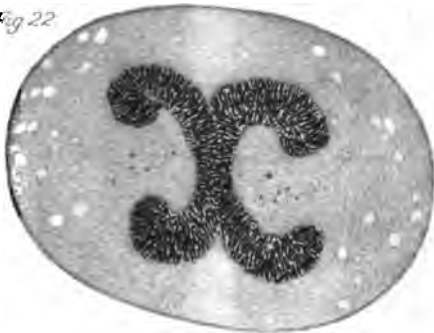
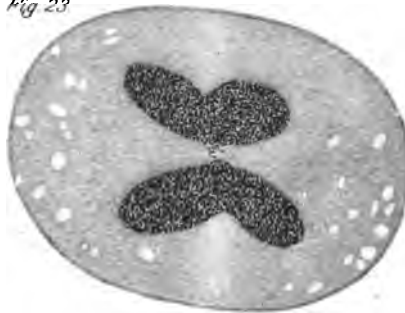


Fig. 23.



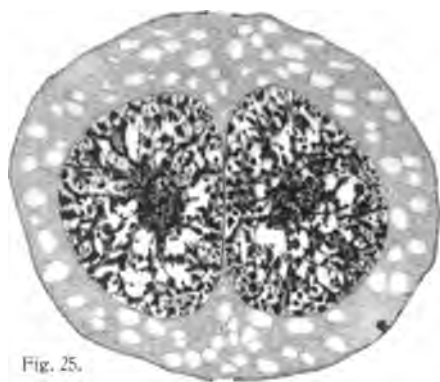


Fig. 25.

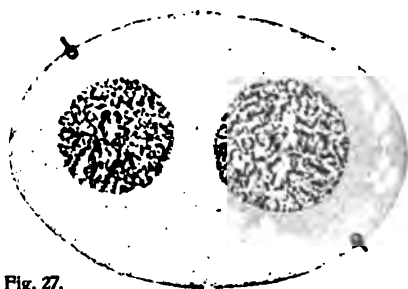


Fig. 27.



Fig. 26.

Borgert.



Fig. 24.

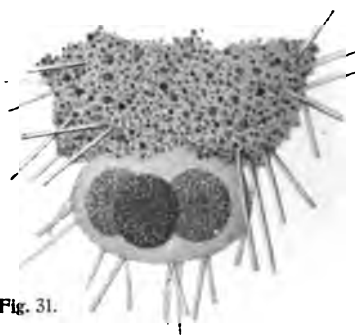


Fig. 31.

Verlag von Gu

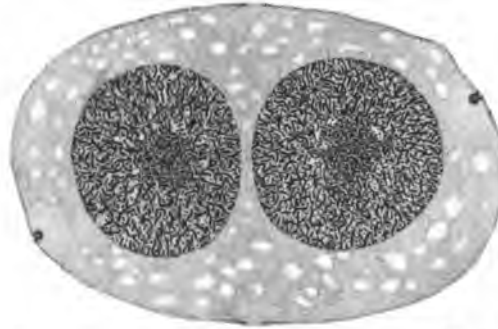
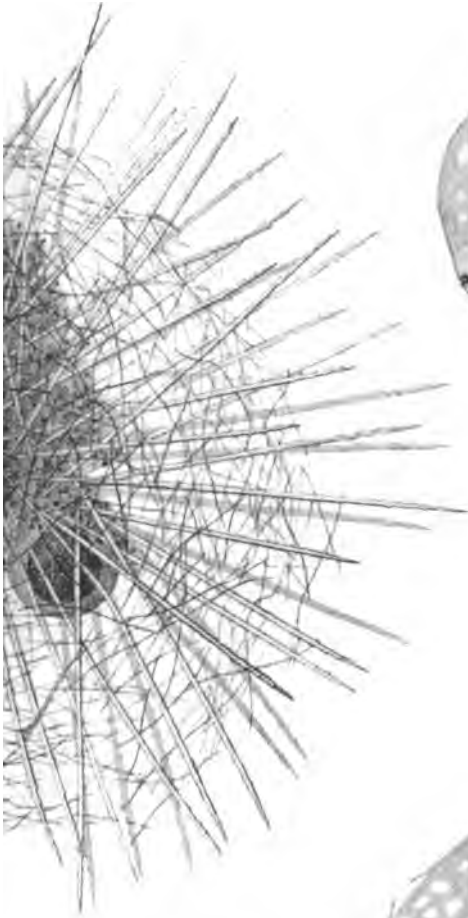


Fig. 29.



Fig. 28.



Fig. 30.

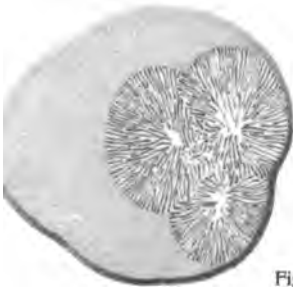
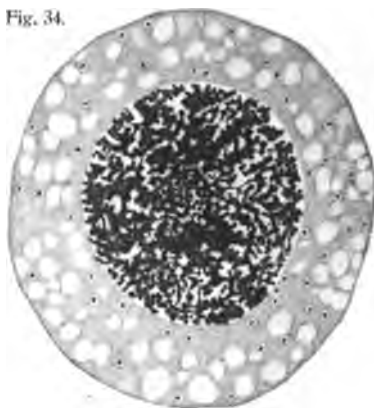


Fig. 33.



Fig. 32.

Fig. 34.

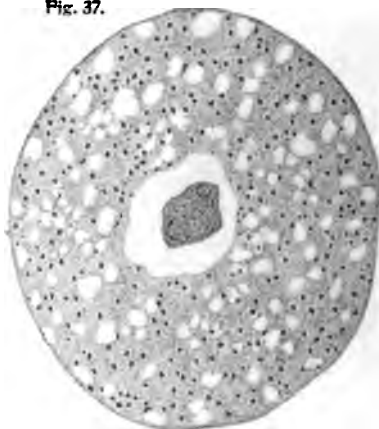


F



Fig. 3

Fig. 37.



Taf. 14.

35.



Fig. 36.

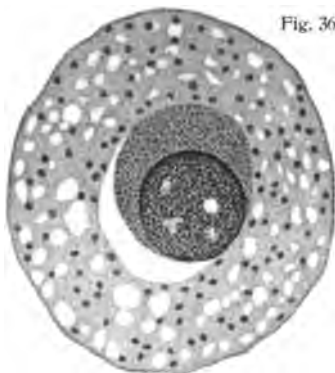


Fig. 39.



100

100

100

100

100

100

100

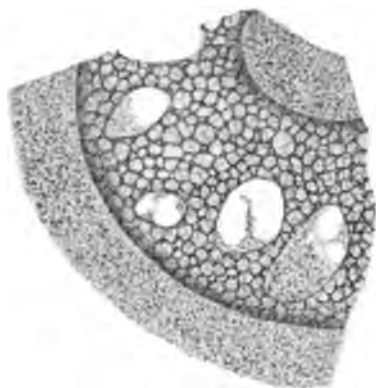


Fig. 40.

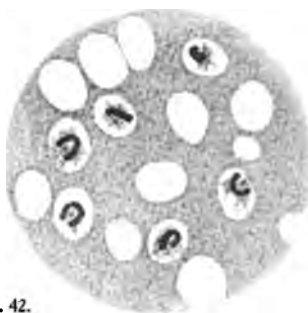


Fig. 42.

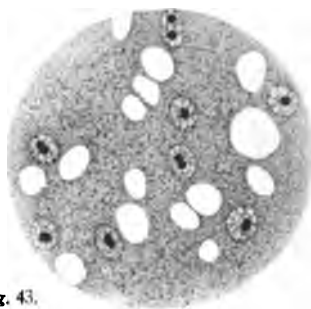


Fig. 43.



Fig. 47.

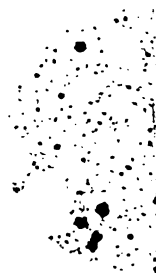




Fig. 41.



Fig. 48.



Fig. 45.



Fig. 44.



Fig. 46.

Fig. 49.

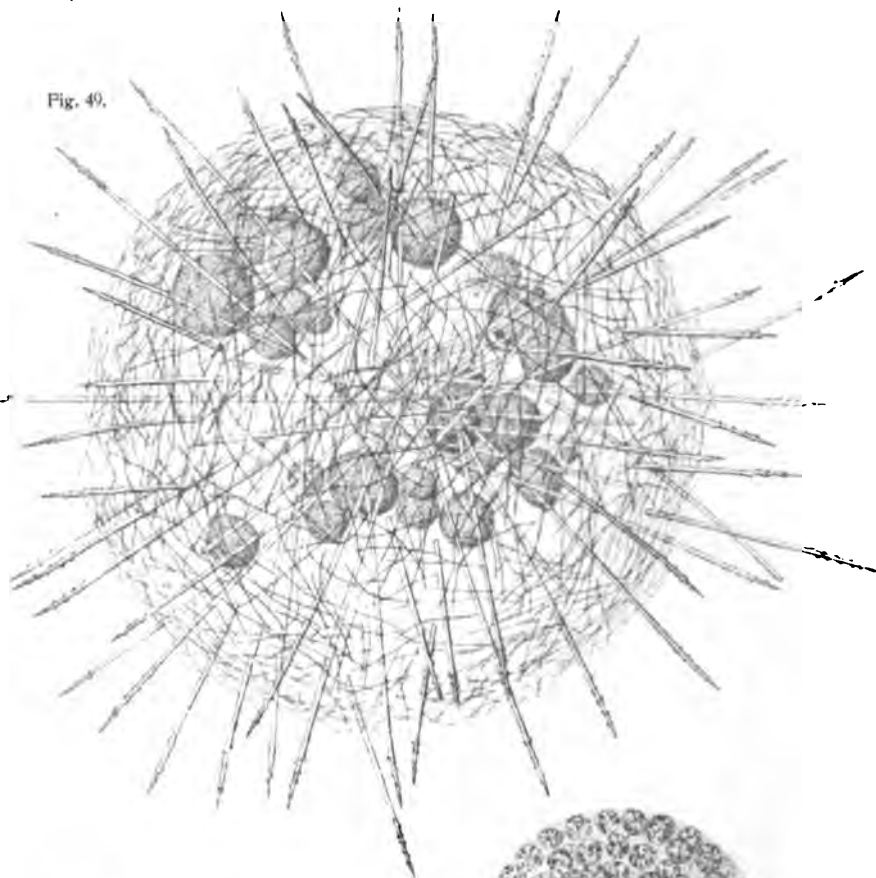


Fig. 50.

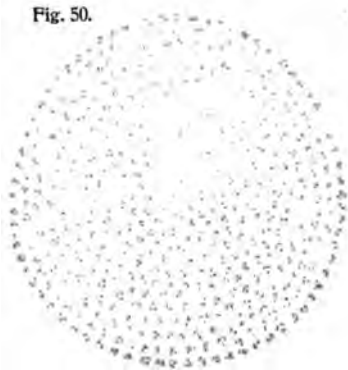


Fig. 51.

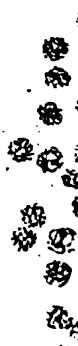




Fig. 55.



Fig. 56.



Fig. 54.

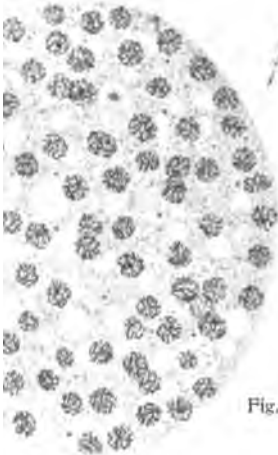


Fig. 53.



Fig. 52.

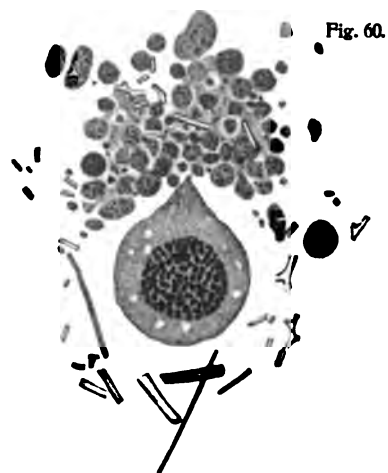


Fig. 60.



Fig. 59.



Fig. 58.

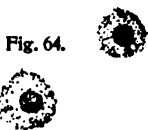


Fig. 64.



Fig. 65.

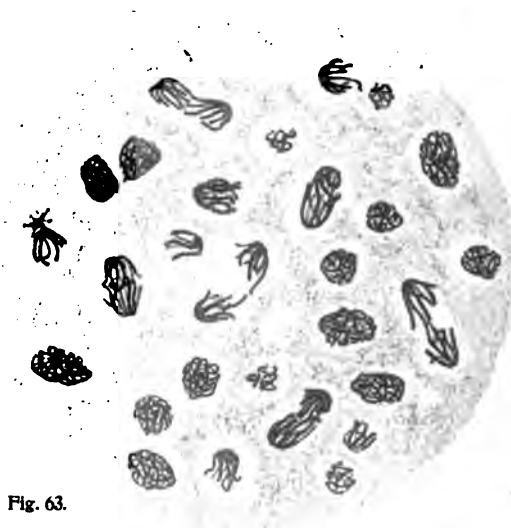


Fig. 63.

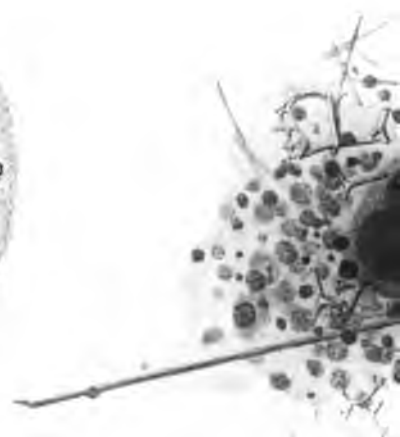


Fig. 62.

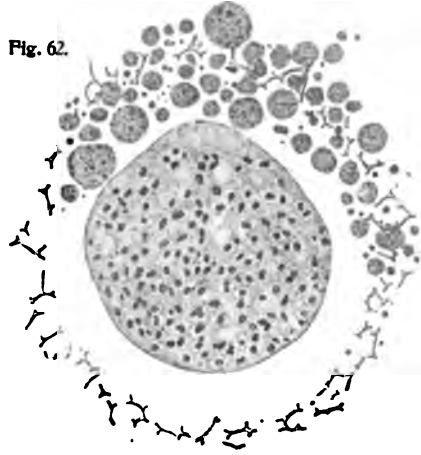


Fig. 61.

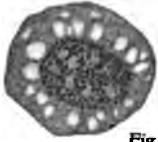


Fig. 57.

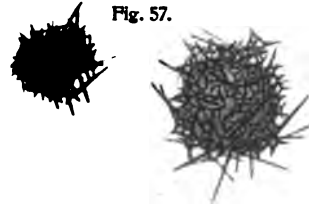


Fig. 60.



Fig. 68.

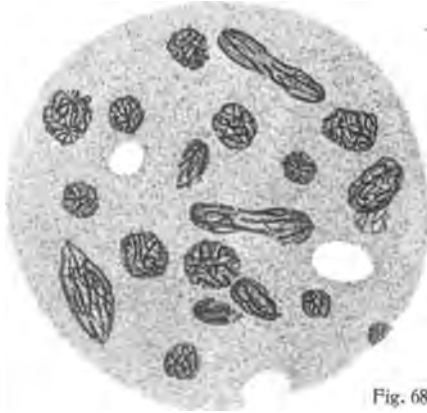
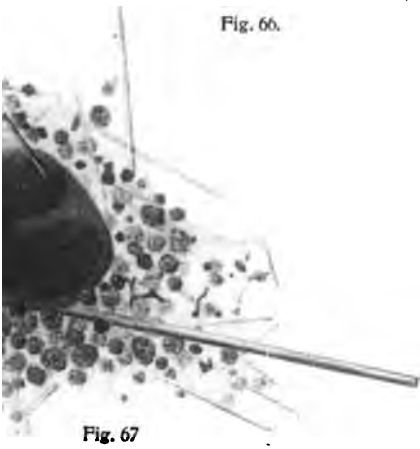


Fig. 67.



Zoologische und anthropologische Ergebnisse einer Forschungsreise im westlichen und zentralen Südafrika,

ausgeführt in den Jahren 1903—1905 mit Unterstützung der Kgl. Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin von Dr. **Leonhard Schultze**, a. o. Prof. an der Universität Jena. Erster Band: **Systematik und Tiergeographie**. Erste Lieferung. Mit 10 Tafeln u. 40 Abb. im Text. 1908. Preis: 35 Mark.

Inhalt: I. **Protozoa**. *Pycnothrix monocystoides*, nov. gen. nov. spec. eines ciliates Infusor aus dem Darm von *Procavia* (Hyrax) capensis (Pallas). Von Dr. H. Schubotz, Assistent am zoologischen Institut der Universität Berlin. Mit Tafel I—III. — II. **Helminthes**. Nematoden und Acanthocephalen. Von Dr. von Linstow, Generaloberarzt in Göttingen. Mit Tafel IV. — III. **Annelida**. A. **Oligochaeten** aus dem westlichen Kapland. Von Prof. Dr. W. Michaelsen, Hamburg. Mit Tafel V und 2 Karte im Text. B. **Polychaete Anneliden** der *Angra Pequena*-Bucht. Von E. Ehlers, Göttingen. — IV. **Insecta**. (Erste Serie.) A. **Apterygota** (1). **Collembolen** aus Südafrika nebst einer Studie über die I. Maxille der Collembolen. Von Dr. Carl Börner, St. Julien-Metz. Mit Tafel VI und VII und 15 Figuren im Text. B. **Archiptera** (1). **Termitidae** per il Prof. F. Silvestri in Portici. Con tavole VIII—X. C. **Coleoptera** (1). 1. **Carabidae**. Von Dr. P. Obst in Berlin. Mit 2 Figuren im Text. 2. **Cicindelinae**. Von Dr. Walther Horn, Berlin. 3. Neue **Staphylinidae** aus dem subtropischen und tropischen Afrika. Von Dr. Max Bernhauer, Grünburg, O.O. 4. **Nitidulidae**, **Lathridiidae**, **Cryptophagidae** und **Parnidae**. Von A. Gronvelle. 5. **Dynastidae**, **Cetoniidae** und **Scarabacidae**. Von Prof. H. Kolbe, Berlin. 6. **Buprestidae**. Par Ch. Kerremans, Bruxelles. 7. **Mordellidae**. Von J. Schilsky, Berlin. 8. **Melyridae**, **Ptinidae**, **Mylabridae** und **Bruchidae**. Von M. Pic. 9. **Chrysomelidae** und **Coccinellidae**. Von J. Weise, Berlin-Niederschönhausen. — D. **Diptera** (1). 1. **Chironomidae**. Von Prof. Dr. J. Kiefer, Bitsch. Mit 15 Figuren im Text. 2. **Asilidae**. Von Prof. Dr. Fr. Hermann, Erlangen. 3. **Dolichopodidae**. Von B. Lichtwardt, Charlottenburg. 4. **Anthomyidae**. Von Prof. P. Stein. 5. **Diptera pupipara** (**Hippoboscidae**). Von Dr. med. P. Speiser. Mit 1 Figur im Text. 6. **Simuliidae**, **Bombyliidae**, **Empididae**, **Syrphidae**, **Tachinidae**, **Muscidae**, **Phycodromidae**, **Borboridae**, **Trypetidae**, **Ephydridae**, **Drosophilidae**, **Geomyzidae**, **Agromyzidae**, **Conopidae**. Von Prof. Mario Bezzi, Torino. Mit 6 Figuren im Text.

— Zweite Lieferung. Mit 16 Tafeln, 42 Abbildungen und 4 Karten im Text. Preis: 50 Mark.

Inhalt: **Araneae** (I) by W. F. Purcell, Ph. D., Custodian of Arachnida at the South African Museum, Cape Town. With Plate XI. — **Skorpione und Solifugen**. Von Prof. Dr. R. Kraepelin, Hamburg. Mit 10 Figuren im Text. — **Pseudoscorpionina** (*Chelonethi*). Von Albert Tullgren, Experimentalfalter (Schweden). Mit 6 Figuren im Text. **Insecta**. A. **Apterygota** (2). **Thysanura**. Per E. Silvestri. Con Tavola XII—XVIII. B. **Archiptera** II. 1. **Odonata**. Nach den Sammlungen L. Schultze's u. Katalog der Odonaten von Südafrika. Von Dr. F. Ris, Rheinau. Mit 17 Figuren im Text. 2. **Embiidae**. Eine neue Embiide aus Südafrika. Von Dr. G. Enderlein, Wissenschaftl. Kustos a. Zoolog. Mus. Stettin. Mit 2 Figuren im Text. 3. **Copeognatha**. *Hexacystoma*, eine neue Copeognathengattung von Kapland. Von Dr. G. Enderlein, Wissenschaftl. Kustos d. Zoolog. Mus. Stettin. Mit 2 Figuren im Text. C. **Orthoptera** II. **Blattaeformia** **Oothecaria**. Von H. Karny, Wien. Mit Tafel XX—XXII. D. **Coleoptera** II. **Tenebrionidae** und **Curculionidae**. By Dr. L. Péringuey, Director of the South African Museum, Cape Town. **Bostrychidae** de l'Afrique allemande du Sud-Ouest. Per P. Lesne. **Cerambyciden**. Von Chr. Aurivillius. **Ruteliden** und **Melolonthiden**. Von G. S. Arrow. **Elateriden**. Von Ed. Fleutiaux. **Thermitophilen**. Von E. Wasmann, S. J. Mit Taf. XXIIa. E. **Diptera**. 1. **Sciariiden** und **Zooecidien**. Von Ew. H. Rübsaamen, Berlin. Mit Tafel XXIII—XXIV und 1 Figur im Text. 2. **Ceratopogoninae**. Von Dr. G. Enderlein, wissenschaftl. Kustos des Zool. Museums Stettin. Mit 4 Figuren im Text und Fig. 2-4 auf Tafel XIX. **Anthozoa**. Die Aktinienfauna Westafrikas. Von Dr. Ferd. Pax, Assist. am Kgl. Zool. Inst. d. Univ. Breslau. Mit Tafel XXV und 4 Karten im Texte.

Entwicklungsgeschichte des Kopfes und des Blutgefäßsystems von *Ceratodus forsteri*.

Erster Teil.
Gesamtentwicklung

bis zum Beginn der Blutzirkulation. Von Alfred Grell. Mit 22 Tafeln und 264 teilweise bunten Figuren im Text. (Erster Band, VI. Lieferung von Zoologische Forschungsreisen in Australien und dem Malayschen Archipel. Mit Unterstützung des Herrn Dr. Paul von Kitter ausgeführt in den Jahren 1891—1893 von Prof. Dr. Richard Semon.) Preis: 120 Mark.

Verlag von **Gustav Fischer in Jena.**

Wissenschaftliche
Ergebnisse der Deutschen Tiefsee-Expedition
auf dem Dampfer „Valdivia“ 1898—1899.

Im Auftrage des Reichsamts des Innern herausgegeben von

Carl Chun,

Professor der Zoologie in Leipzig, Leiter der Expedition.

Im Laufe des Jahres 1908 ist erschienen:

Band VIII, Lief. 3, Zimmer, Carl, Die Cumaceen der „Deutschen Tiefsee-Expedition“. Mit 11 Tafeln. Vorzugspreis: 20 Mark 50 Pf., Einzelpreis: 25 Mark.

Band XIV, Lief. 1, Haecker, Valentin, Tiefsee-Radiolarien. Erster Abschnitt. Spezieller Teil, 1. Hälfte. Aulacanthidae-Concharidae. Mit 12 Tafeln und 40 Abbildungen im Text. Preis: für Abnehmer des ganzen Werkes 128 Mark, für den Einzelverkauf 150 Mark.

Band XIV, Lief. 2, Haecker, Valentin, Tiefsee-Radiolarien. Erster Abschnitt. Spezieller Teil, 2. Hälfte. Aulacanthidae-Concharidae. Mit 23 Tafeln und 62 Abbildungen im Text. Vorzugspreis: 53 Mark 50 Pf., Einzelpreis: 65 Mark.

Band XIV, Lief. 3, Haecker, Valentin, Tiefsee-Radiolarien. Allgemeiner Teil. Form und Formbildung bei den Radiolarien. Mit 2 Tafeln, 2 Karten und 123 Abbildungen im Text. Vorzugspreis: 20 Mark, Einzelpreis: 25 Mark.

Band XIX, Lief. 2, Vanhöffen, E., Die Narkomedusen. Mit 3 Tafeln und 5 Figuren im Text. Vorzugspreis: 7 Mark, Einzelpreis: 9 Mark.

Band XV, Lief. 2, Brauer, August, Prof. Dr., Die Tiefsee-Fische. II. Anatomischer Teil. Mit 26 Tafeln und 11 Figuren im Text. Vorzugspreis: 59 Mark, Einzelpreis: 70 Mark.

Band XVI, Lief. 1, Ehlers, E., Göttingen. Die bodensässigen Anneliden aus den Sammlungen der Deutschen Tiefsee-Expedition. Mit 23 Tafeln. Vorzugspreis: 45 Mark, Einzelpreis: 55 Mark.

Verlag von **Gustav Fischer in Jena.**

Allgemeine Physiologie
Ein Grundriß der Lehre vom Leben

Von

Max Verworn

Dr. med. et phil., Prof. der Physiologie und Direktor
des physiologischen Instituts der Universität Göttingen

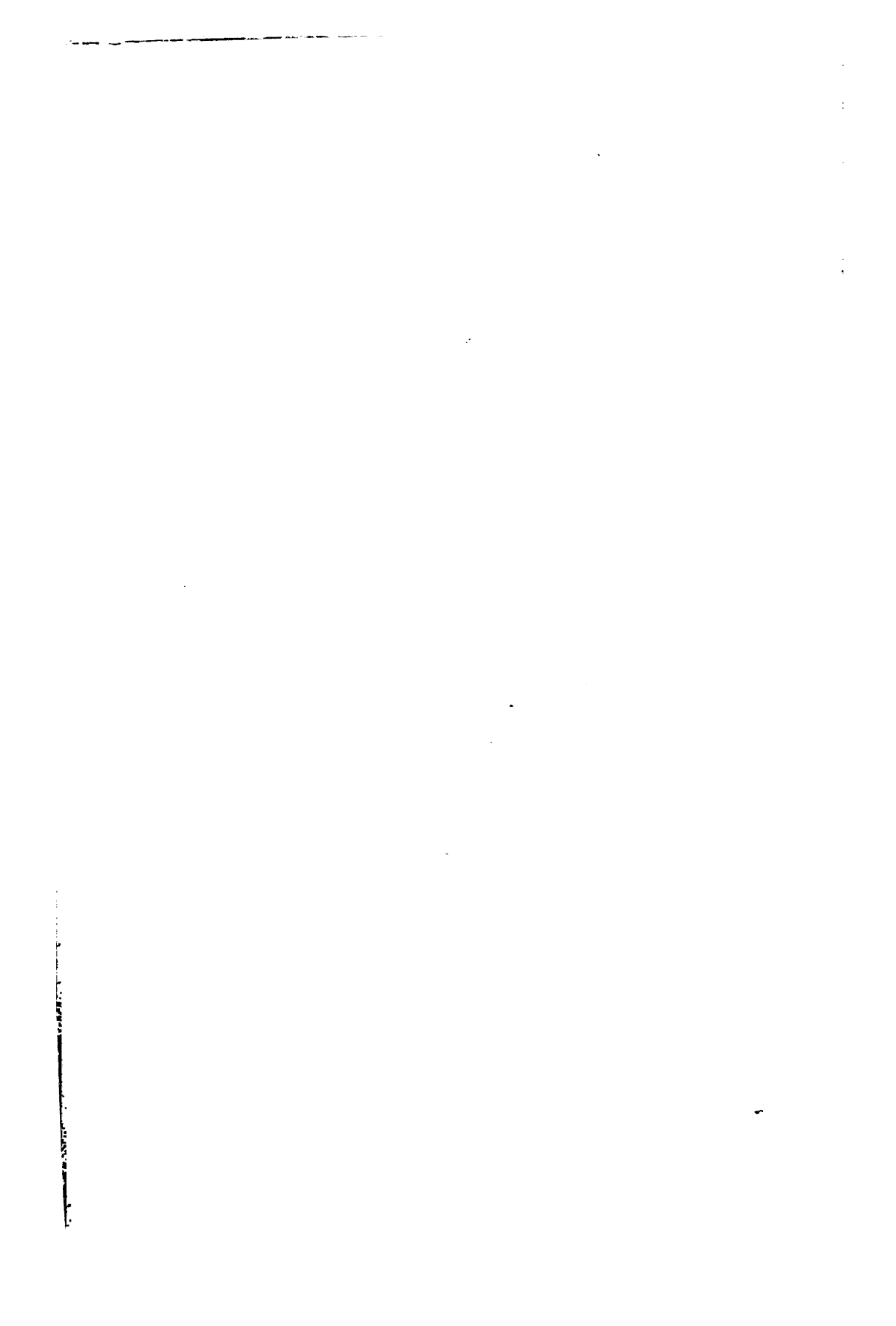
— Fünfte, vollständig neu bearbeitete Auflage —

Mit 319 Abbildungen 1908 Preis: 16 Mark, geb. 18 Mark

rgest. A.

846. Zur Fortpflanzung der triploiden
Radiolarien (Phaeodarien).

7



Zur Fortpflanzung der tripyleen Radiolarien (Phaeodarien).

Vorläufige Mittheilung.

Von Dr. A. Borgert.

Während meines diesjährigen Aufenthaltes an der zoologischen Station zu Neapel bot sich mir in den Monaten Januar bis Mai die in früheren Jahren vergeblich gesuchte Gelegenheit, die Fortpflanzungsverhältnisse der Phaeodarien näher zu studieren. Als Untersuchungsobject diente mir besonders *Aulacantha scolymantha*. Bei dieser Form gelang es mir, sowohl directe als auch mitotische Kerntheilung zu beobachten und die sich hierbei abspielenden Vorgänge genauer zu verfolgen.

Bei der directen Kerntheilung findet nicht eine allmähliche Durchschnürung statt, sondern eine Spaltung des Kernes in zwei annähernd gleich große Hälften. Der Spalt, welcher anfänglich ganz schmal ist, wird in späteren Stadien breiter, die beiden Kernhälften rücken aus einander und runden sich ab. Neben diesen Veränderungen im Inneren der Centralkapsel gehen andere äußere einher. So sieht man eine ringförmige flache Furche mit scharf markierten Rändern an der Oberfläche der Centralkapsel auftreten. Diese Furche liegt in derselben Ebene wie der den Kern durchsetzende Spalt, d. h. senkrecht zur Frontalebene¹ und halbiert die Hauptöffnung. Statt der ursprünglich vorhandenen einen Hauptöffnung bilden sich zwei aus. Zwischen den Rändern der Furche ist die Kapselmembran sehr zart. Es ereignet sich daher leicht, daß beim Herauspräparieren einer in Theilung begriffenen Centralkapsel die beiden Hälften in der Furche aus einander weichen. An dieser Stelle erfolgt auch bei der Zweitheilung die Trennung der Tochterkapseln. Jedes der Individuen hat eine Nebenöffnung durch Neubildung zu ergänzen, da es bei der

¹ Als Frontalebene bezeichne ich nach Haeckel's Vorgang die Ebene, in welcher die drei Öffnungen der Centralkapsel liegen.

Theilung nur eine erhält. Auf den Modus der directen Theilung beziehen sich zweifellos einige Abbildungen, die sich bei R. Hertwig² und Haeckel³ finden. Ebenso hat Karawaiew⁴ während seiner Untersuchungen über *Aulacantha* offenbar häufig Exemplare, die in directer Theilung begriffen waren, beobachtet. Irrthümlicherweise scheint er sie jedoch für spätere Stadien der indirecten Kerntheilung gehalten zu haben.

Das Vorkommen der mitotischen Kerntheilung bei *Aulacantha* wurde zuerst durch Karawaiew festgestellt, doch wurde von ihm nur ein Theil sämmtlicher Stadien beobachtet.

Im ruhenden Kerne zeigt das Chromatin eine grob-spongiöse Anordnung. Bereitet sich der Kern zur Theilung vor, so wird das Gerüstwerk allmählich immer feiner und schließlich bildet sich im Kernraume der charakteristische Fadenknäuel aus. Der Faden ist sehr fein und außerordentlich eng gewunden, so daß man nicht entscheiden kann, ob der Knäuel aus einem einzigen langen Faden oder aus mehreren solchen besteht. Auf einem späteren Stadium zeigt der Knäuel ein lockeres Aussehen. In dieser Phase findet eine Längsspaltung des Chromatinfadens statt. — Bis hierher konnte die Reihe der Prophasen von Karawaiew verfolgt werden.

Wie eine genauere Untersuchung lehrt, besteht in dem letztbeschriebenen Stadium der Faden aus einer Anzahl von Abschnitten (Chromosomen), nach deren Längsspaltung es zu einer vollständigen Trennung der Tochterfäden kommt. Nachdem nun auch die Kernmembran verschwunden ist, ordnen sich die Kernsegmente zu einer Platte zusammen, die sich von der Hauptöffnung nach der entgegengesetzten Seite zieht und so den Centralkapselinhalt in zwei Theile theilt. Dabei liegt die Platte nicht in einer Ebene sondern ist windschief, so daß die Ränder derselben in gewisser Lage eine 8-förmige Figur beschreiben. Übrigens herrschen in Bezug auf den Grad der Drehung individuelle Verschiedenheiten. In diesem Stadium findet eine abermalige Längsspaltung der Segmente statt, wodurch die Theilung der Äquatorialplatte in die beiden Tochterplatten eingeleitet wird. Ist auch dieser Vorgang beendet, so rücken die Tochterplatten weiter aus einander. Dabei formen sie sich zu parallelen, ebenen Scheiben von etwas geringerem Durchmesser um.

² R. Hertwig, Der Organismus der Radiolarien. 1879. Taf. IX Fig. 2, Taf. X Fig. 2.

³ E. Haeckel, Report on the Radiolaria collected by H. M. S. Challenger during the years 1873—1876. Report. Zoology, Vol. XVIII, Plate 101 Fig. 2.

⁴ W. Karawaiew, Beobachtungen über die Structur und Vermehrung von *Aulacantha scolymantha* Haeck. in: Zool. Anz. 18. Jhg. 1895. p. 286—289 und p. 293—301.

Da auch Karawaiew dieses Stadium beobachtet, jedoch den Bau der Platten nicht zutreffend geschildert hat, so muß ich bei demselben einen Augenblick verweilen.

Nach Karawaiew wird jede Platte »aus zwei verschiedenen Substanzen« gebildet. »Die Hauptmasse besteht aus einer verhältnismäßig schwach färbbaren Substanz, welche auf der zum Centrum zugekehrten Fläche der Platten in das Endoplasma in Form von zahlreichen fingerförmigen Auswüchsen hineinragt; die zur Peripherie gekehrte Oberfläche ist glatt. Diese Hauptmasse der Platten wird von zahlreichen quer gestellten Fäden durchdrungen, welche aus Reihen äußerst kleiner Kügelchen bestehen und sich lebhaft mit Safranin färben, also die Eigenschaft des Chromatins zeigen.«

Nach meinen Schnittpraeparaten bin ich zu einer abweichenden Auffassung gekommen. Danach bestehen die Platten aus zahlreichen, sehr dicht neben einander liegenden Segmenten von nicht gleicher Länge. Die fingerförmigen Auswüchse aus einer verhältnismäßig schwach färbbaren Substanz, welche Karawaiew beschreibt, können nur die Enden der weiter vorragenden Chromatinfäden sein.

Auch das Vorhandensein von »zwei spaltförmigen Höhlungen an der äußeren Oberfläche der Tochterplatten«, die »vom Plasma durch eine dünne, etwas weniger durchsichtige Schicht abgetrennt« und mit Kernsaft erfüllt sein sollen, kann ich nicht bestätigen. Hinzufügen will ich noch, daß ich bei geeigneter Fixierung auf diesem Stadium in dem zwischen den Platten gelegenen vacuolenlosen Plasma eine feine Streifung bemerken konnte, die von der einen Seite zur anderen hinüberzog, sowie ferner, dass man bei etwas vorgeschrittenen Stadien in der Mitte zwischen den Platten die zukünftige Trennungsebene bereits angedeutet sieht.

Über die weiteren Vorgänge, die zur Reconstruction der Tochterkerne führen, will ich hier kurz hinweggehen. Sie bestehen darin, daß die Platten sich biconcav gegen einander krümmen und so jede derselben schüsselförmige Gestalt annimmt. Dann runden sie sich allmählich immer mehr ab, bis schließlich auch die letzte kleine Einstülpung verschwindet. Die weiteren Veränderungen im Bau der Tochterkerne, die, wie auch der Mutterkern, eine feine Membran aufweisen, stellen eine rückläufige Wiederholung der ersten Prophasenstadien dar. Die fadenförmige Anordnung des Chromatins, die namentlich in der äußeren Schicht der Kerne noch längere Zeit deutlich sichtbar bleibt, weicht endlich der spongiösen Vertheilung, wie sie für den Ruhezustand des *Aulacanthus*-Kernes charakteristisch ist.

Nachdem die Tochterplatten sich schon zu becherförmigen Bildungen umgeformt haben, erkennt man an der Centralkapsel äußerlich

die ersten Anzeichen der nunmehr beginnenden Durchschnürung. Dieselbe kündigt sich an durch das Auftreten einer schwachen Einschnürung an der aboralen Seite, die, senkrecht zur Frontalebene verlaufend, allmählich immer weiter vorschreitet und schließlich die Centralkapsel in die beiden Tochterkapseln zerlegt. Dabei tritt im Gegensatz zu der directen Theilung die Zweitheilung der Hauptöffnung erst relativ spät ein.

Bemerken will ich noch, daß von einer Kernspindel und Centrosomen nichts zu entdecken war.

Neben den erwähnten Kernstadien findet man andere, die in keine der besprochenen Entwicklungsreihen hinein passen, vielmehr von einem bestimmten Punkte an für sich eine eigene Reihe zu bilden scheinen.

In einem gewissen Stadium zeigt der Kern von *Aulacantha* bisweilen eine ausgesprochen herzförmige Gestalt. Die Spitze ist nach dem oralen Pole gerichtet, während sich die Einkerbung gegenüber an der aboralen Seite befindet. Am letzteren Orte bildet sich eine Einstülpung in das Kerninnere, die anfangs klein, an Größe immer mehr zunimmt. Hat die Höhlung im Inneren etwas größere Dimensionen erreicht, so erkennt man, wenn man die Centralkapsel um 90° um ihre Hauptachse dreht, außer anderen Veränderungen vor allen Dingen an der oralen Seite des Kernes eine Einschnürung. Auf einem weiter entwickelten Stadium hat die Kerbe an Tiefe zugenommen, während man den inneren Hohlraum durch eine von der oralen nach der aboralen Seite sich erstreckende Scheidewand in zwei Theile gespalten sieht. Die Scheidewand ist nicht einfach, sondern doppelt, und zwischen ihre beiden Schichten dringt die Kerbe ein.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß in dieser Ebene die Theilung des Kernes erfolgt. Die Tochterkerne besitzen durch die Höhlung in ihrem Inneren bei der Trennung der Hälften eine ähnliche Gestalt wie sie die durch Theilung der Äquatorialplatte sich bildenden Kerne in einem bestimmten Stadium ihrer Entwicklung aufweisen. Auch der feinere Bau zeigt viel Übereinstimmendes, da in beiden Fällen das Chromatin zu Fäden angeordnet ist.

Bisweilen, und zwar gar nicht so sehr selten, beobachtet man Kerntheilungsstadien, von gänzlich abweichendem Aussehen. Augenscheinlich wird bei diesen das angestrebte Ziel nicht erreicht. Da sie sich keinem bestimmten Modus einreihen lassen, so glaube ich, daß ihre Entstehung auf mißglückte Theilung zurückzuführen ist.

Daß auf die Theilung der Centralkapsel eines Individuums nicht unter allen Umständen auch gleich eine Vertheilung der übrigen Körperbestandtheile auf die beiden Tochterindividuen folgt, sondern daß es durch abermalige Theilung der Tochterkapseln zur Bildung

einer Art von Colonie kommen kann, ist bereits von Karawaiew erwähnt worden. Die größte Zahl der unter solchen Umständen angetroffenen Centralkapseln betrug fünf. Neuerdings fand ich ein besonders großes Exemplar mit sogar acht Centralkapseln.

Es erübrigt jetzt noch, einiger anderen Stadien kurz zu gedenken. Bei der Durchmusterung des Materials stößt man ab und zu auf Exemplare, in deren Centralkapsel man den Kern vermißt. Statt dessen tingiert sich der ganze Centralkapselinhalt bei Anwendung von Kernfärbemitteln schwach. Eine genauere Untersuchung von Schnittpreparaten zeigt, daß in solchen Fällen das ganze Chromatin des Kernes sich in dem Plasma vertheilt hat. Ich habe eine fortlaufende Reihe von Entwicklungsstadien bis zur vollständigen Vertheilung des Chromatins erhalten. Später findet man den Hohlraum des Skelets mit zahlreichen vielkernigen Kügelchen erfüllt. Augenscheinlich führt der Process zur Schwärmerbildung.

Des Weiteren begegnet man zu Zeiten anderen Individuen, bei denen an Stelle des Kernes eine Blase mit bedeutend verdickter, in Haematoxylin oder Carmin stark färbbarer Wandung sich befindet. Innen ist dieselbe mit einem protoplasmatischen Wandbelag ausgekleidet. Das Auffälligste dieser Stadien besteht jedoch in dem Vorhandensein vieler größerer und kleinerer Kügelchen, die bei Behandlung mit Osmium oder osmiumhaltigen Gemischen schwarz werden und in der Hauptsache aus Fett zu bestehen scheinen. Sie liegen in einer Kugelschale angeordnet der inneren Wandung an. In anderen Fällen trifft man ähnliche Bildungen außerhalb des Kernes im Endoplasma. Bald ist es nur eine oder zwei, bald eine größere Zahl, bis zwölf oder mehr, derartiger Blasen. Bei ihrem Auftreten unterliegt der Kern gewissen Veränderungen, ja, er kann als solcher sogar vollständig zu Grunde gehen; auch am Endoplasma spielen sich degenerative Erscheinungen ab.

Da es bei der Abfassung des Vorstehenden nicht in meinem Plane lag, weitergehende Schlüsse und Vergleiche zu ziehen, so habe ich mich darauf beschränkt, die hauptsächlichsten Beobachtungen einfach zusammenzustellen. Ich bin dabei selbst über die wichtigsten Punkte nur ganz kurz hinweggegangen. Die ausführliche Arbeit, welche binnen Kurzem erscheinen wird, enthält alles Nähere.



